

Universidad Autónoma de Madrid

Facultad de Psicología – Departamento de Psicología Básica

Programa de Doctorado Educación Científica y Educación Secundaria

**LA ENSEÑANZA Y EL APRENDIZAJE DE LA VISIÓN
Y EL COLOR EN EDUCACIÓN SECUNDARIA**

Tesis Doctoral

Por

Bettina Mariel Bravo

(Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Bs. As. - Argentina)

Directores: Dra. Marta A. Pesa (Universidad Nacional de Tucumán. Argentina)

Dr. Juan Ignacio Pozo (Universidad Autónoma de Madrid. España)

2007

...
Y sus rizos la distinguen
son del color que toma el sol
en una tarde de estío.
Enmarcan su sonrisa,
coronan el resplandor de su mirada.

Y esos ojos...
Negros y profundos ojos inquietos.
Esconden el secreto más preciado.
Sólo fue justificada mi existencia
cuando ellos me miraron.
Quisiera permanecer bajo su influjo,
Indagando y explorando,
persiguiendo...
El misterio que deviene de su embrujo.

...

J.C.V. (2004)

AGRADECIMIENTOS

Me complace manifestar un profundo agradecimiento a todos aquellos que me ayudaron en la realización de este trabajo:

A los doctores Marta Pesa y Juan Ignacio Pozo, directores de esta Tesis y quienes fueran mis referentes desde mucho tiempo antes de que ella comenzara a gestarse. Sus valiosas enseñanzas, sus siempre oportunas críticas y sugerencias, y por sobre todas las cosas su constante apoyo, aliento y confianza, hicieron posible este trabajo. Fue un placer, un orgullo, trabajar bajo su constante guía.

A Marcela Bavio, quien, con sus excelentes cualidades docentes fue capaz de guiar a sus alumnos en el complejo proceso que implica aprender ciencias, enseñándoles nada vemos que a aprender a “ver el mundo de otra manera”.

A los alumnos (y por supuesto directivos) de los Colegios Monseñor César Cáneva, Lenguas Modernas y Libertas, por permitirnos aprender *cómo aprenden*. Y muy especialmente a los profesores Erika y Mario, por el invaluable aporte que realizaron a este trabajo al abrirnos, nada menos, que las puertas de sus salones de clase.

A la facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNCPBA), por el apoyo y estímulo constante para que este trabajo se llevara a cabo.

A la Prof. Adriana Rocha, directora del Grupo de Investigación en Enseñanza de las Ciencias Experimentales (GIDCE) de la Facultad de Ingeniería (UNCPBA), quien no sólo me alentó en la investigación de este tema y me ayudó a dar los primeros pasos, sino que además me apoyó permanentemente, me ayudó... y me *enseñó*. Bajo su guía creció y se desarrolló el trabajo de investigación que finalmente se convirtió en el principal referente de esta Tesis.

A todos los Dres. que conformaron el staff de profesores del Doctorado en Educación Científica y Educación Secundaria, por las valiosas enseñanzas impartidas en los distintos cursos. Y muy especialmente a las Dras. Puy Pérez Echeverría, Mar Mateos, y Nora Scheuer por las constantes y siempre atinadas críticas y sugerencias que han realizado a este trabajo.

A la Dra. Elena Martín de la Facultad de Psicología de la Universidad Autónoma de Madrid (UAM), por haberme acompañado en este proyecto de formación desde el primer momento, no sólo en el plano profesional sino también (y en esto radica lo más valioso) en el personal, dandome ánimo y aliento para seguir, y seguir creciendo.

A los profesionales que desinteresadamente analizaron, evaluaron y realizaron valiosos aportes a este trabajo cuando estaba intentado dar los primeros pasos: David Travieso e Hilda

Gambara de la UAM; Osvaldo Pavioni, Federico Ortega y Marta Tenaglia de la U. N.C.P.B.A.; Julia Salinas y Silvia Bravo, de la Universidad Nacional de Tucumán (U. N. T.)

A mis compañeros del Grupo de Investigación de la Facultad de Ingeniería (U.N.C.P.B.A.) y del de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología (U. N. T.) por su acompañamiento.

A la Ing. Miriam Cocconi de la U.N.C.P.B.A., especialista en probabilidad y estadística, por su invaluable y continuo asesoramiento y enseñanza.

A mis compañeros del departamento de Ciencias Básicas de la Facultad de Ingeniería, por su paciente acompañamiento diario.

A la Mgs. Silvia Gallarreta, por su invaluable aporte a la discusión que en esta Tesis se realiza en relación a la tan ansiada “Alfabetización Científica”.

A mi *AMIGA*, Mariné Braunmüller, que estuvo a mi lado siempre. Tanto en los peores momentos como en aquellos en los que se vislumbraba la salida del sol. Esta Tesis también es suya.

A mis padres, principalmente por haber sido *incondicionalmente* mis padres. Y porque junto a mi hermana confiaron en mí desde un primer momento.

Y a Carlos.... *por supuesto*.

INDICE

INTRODUCCIÓN	13
1. Origen de la investigación	13
2. La importancia de la enseñanza de la “visión y los colores” en Educación Secundaria Obligatoria	16
3. Los antecedentes	21
4. Estructuración de la Tesis	22
CAPITULO I. Fundamentos Teóricos	25
1. La importancia de la enseñanza de las ciencias naturales en la Educación Obligatoria.	25
2. El aprendizaje de las ciencias naturales.	31
3. El conocimiento intuitivo y el conocimiento científico: naturaleza y características.	49
4. Desde el conocimiento intuitivo hacia el conocimiento científico en el aprendizaje de las ciencias.....	58
5. Una propuesta para la enseñanza de las ciencias	63
CAPITULO II. La enseñanza de la visión y el color.	71
1. ¿Qué conocemos “científicamente” hoy sobre los procesos de visión y percepción del color?	74
1.1 El proceso de visión y percepción del color	76
1.2. Interacción Luz – Materia.....	77
1.3. El sistema visual	87
2. ¿Qué conocemos sobre el conocimiento de los alumnos respecto de la visión y el color? 97	
3. Una mirada diferente a las concepciones intuitivas y científicas. los principios ontológicos, epistemológicos y conceptuales subyacentes.	115
4. El trabajo de investigación exploratorio.	119
4.1. Origen del trabajo exploratorio	119
4.2. Las características metodológicas de las propuestas de enseñanza.....	121
4.3. Las características del trabajo de investigación exploratorio	124
4.4. Los resultados más relevantes del trabajo exploratorio.....	126
5. La visión y los colores. Desde el saber intuitivo al saber de la ciencia.	130

CAPITULO III El estudio preliminar	135
2.1. El estudio previo.....	136
2.1.1. Objetivos específicos del estudio preliminar.....	137
2.1.2. Participantes del estudio preliminar.	138
2.1.3. Criterios de análisis de datos del estudio preliminar.	138
2.1.4. Resultados del estudio preliminar.	139
2.2. Los instrumentos usados en la Tesis.....	148
CAPITULO IV. Primer Estudio: Concepciones de alumnos y futuros docentes de Educación Secundaria acerca de la Visión y Percepción del Color.	149
1. Primera Sección. Descripción y justificación del estudio.....	149
1.- Objetivos	153
2.- Problemas de investigación.....	154
3. Hipótesis de trabajo	154
4. Metodología.....	156
4.1.- Participantes.....	156
4.2.- Diseño experimental. análisis de datos.	158
4.4. Tareas y procedimientos.....	159
2. Segunda Sección. Resultados y Análisis de Datos	160
1. ¿Cómo influye el nivel educativo en el modo de conocer de los estudiantes?	161
1.1.- La formación académica vs. las concepciones compartidas respecto del proceso de visión.....	161
1.2.- La formación académica vs. las concepciones compartidas respecto del proceso de percepción del color.	164
2. ¿Cómo influye el contenido en el modo de conocer de los estudiantes?.....	167
2.1. El modo de conocer compartido por los estudiantes de Educación Secundaria...	167
2.2. El modo de conocer compartido por los futuros profesores de Ciencias Naturales	170
3. Conclusiones.....	177
4. Tercera sección. Discusión de resultados	178
CAPITULO V La propuesta de enseñanza	185
5.1. Descripción General de la Propuesta Didáctica Diseñada.	186
5.1.1.- La ciencia escolar y los contenidos a enseñar	186
5.1.3.- Una propuesta para enseñar la ciencia escolar	193
5.1.4.- Las actividades	204
5.2.- La implementación de la Propuesta Didáctica.....	206

5.2.1.- El espacio físico y temporal	206
5.2.2.- Los alumnos	206
5.2.3.- El docente.....	207
5.2.4. Justificación de la etapa de acomodación metodológica	210
5.2.5.- El material para los alumnos	212
CAPÍTULO VI. Segundo Estudio: Evaluación del aprendizaje de alumnos de Educación Secundaria Obligatoria, acerca de la visión y la percepción del color, cuando se implementa en el aula la propuesta didáctica innovadora.....	
1. Primera Sección. Descripción y Justificación del Estudio.....	215
1.1.- Objetivos.....	219
1. 2.- Problemas de investigación	220
1. 3. Hipótesis de trabajo.....	222
1. 4. Metodología.....	223
1.4.1.- Participantes	223
1.4.2. Diseño experimental	227
1.4.3. Variables.....	227
1.4.4.- Instrumentos y procedimientos	228
4.4.1 Test de respuestas múltiples.....	228
4.4.2 Cuestionario de problemas	229
1.4.5.- Análisis de datos.....	231
1.4.5.1 Test de respuestas Múltiples	231
1.4.5.2 Cuestionario de Problemas	231
1.4.5.3 Análisis estadístico de los datos	235
2. Segunda Sección. Resultados.....	236
2.1 ¿Cómo influye la instrucción y el paso del tiempo sobre el modo de conocer que los estudiantes utilizan al momento de elegir una explicación?.....	239
2.1.1 Estudio de la influencia de la instrucción sobre el modo en que los alumnos conciben el proceso de visión.....	239
2.1.2 Estudio de la influencia de la instrucción sobre el modo en que los estudiantes conciben el proceso de percepción del color.....	248
2.1.3 Estudio de la influencia del contenido sobre el modo en que los estudiantes eligen las distintas concepciones.....	257
2.1.4 Análisis de resultados.....	263
2.2 ¿Cómo influye la instrucción y el paso del tiempo sobre el modo de conocer que los estudiantes utilizan al momento de elaborar una explicación?.....	268

2.2.1 Estudio de la influencia de la instrucción sobre el modo en que los estudiantes conciben el proceso de visión.....	268
2.2.2 Estudio de la influencia de la instrucción sobre el modo en que los estudiantes conciben el proceso de percepción del color.....	276
2.2.3 Estudio de la influencia del contenido sobre el modo en que los estudiantes utilizan las distintas concepciones.....	284
2.2.4 Análisis de resultados.....	294
2.3. ¿En qué se diferencia el modo de conocer que utilizan los alumnos ante tareas que impliquen elegir y elaborar una explicación respecto de los fenómenos de percepción visual?.....	298
2.3.1. Análisis de Resultados.....	310
3. Tercera sección. Conclusiones.....	313

CAPITULO VII. Tercer Estudio: Descripción e interpretación del aprendizaje experimentado por los alumnos ante la implementación de la propuesta didáctica especialmente diseñada. ... 319

1. Primera parte: Descripción y justificación del estudio.....	319
1.- Objetivos.....	320
2.- Problemas de investigación.....	321
3. Hipótesis de trabajo.....	321
4. Metodología.....	322
4.1. Participantes.....	322
4.2. Diseño del estudio.....	322
4.3. Análisis de datos.....	323
4.4. Aareas y procedimientos.....	324
2. Segunda parte. Resultados.....	328
I.1. Los modos de interpretar la visión en los distintos momentos de instrucción.....	328
I.2.- Los Cambios en los modos de conocer.....	332
I.2.1.- Cambio observados entre las instancias: inicial - desarrollo.....	332
I.2.2.- Cambio observados entre las instancias: desarrollo - aplicación.....	336
I.2.3.- Cambio observados entre las instancias: aplicación - conclusión.....	340
I.2.3.- Análisis de resultados.....	342
I.3. Conclusiones.....	346
II.1. Los modos de interpretar el fenómeno del color en los distintos momentos de instrucción.....	348
II.2. Los Cambios en los modos de conocer.....	352
II.2.1. Cambios observados entre las instancias: inicial - desarrollo.....	352

II.2.2. Cambio observados entre las instancias: desarrollo - aplicación	355
II.2.3.- Cambio observados entre las instancias: aplicación - conclusión.....	358
II.2.3.- Análisis de resultados	360
II.3.- Conclusiones.....	363
III. Discusión de resultados.....	367
CAPITULO VIII. CONCLUSIONES GENERALES.....	369
REFERENCIAS	379
ANEXOS.....	391
A.1.- Instrumento de recolección de datos: Estudio Preliminar.....	391
A.2.- Instrumento de recolección de datos: 1° Estudio y Primera Parte del 2° estudio (Instancia Pretest: Test de Respuestas Múltiples).....	394
Continuación Instrumento 2° estudio (Instancia Pretest-Test de Respuestas Múltiples).....	396
A.3.- Descripción de las actividades involucradas en la Propuesta Didáctica.....	398
Primera parte: EL PROCESO DE VISIÓN.....	398
Segunda parte: EL PROCESO DE PERCEPCIÓN DEL COLOR	403
A.4.- Instrumento de recolección de datos: 2° estudio – Instancia Pre - test (Cuestionario de problemas abiertos).....	408
A.5.- Instrumento de recolección de datos: 2° estudio – Instancia Postest (Test de Respuestas Múltiples).....	409
A.6.- Instrumento de recolección de datos: 2° estudio – Instancia Postest (Cuestionario de problemas abiertos).....	413
A.7.- Instrumento de recolección de datos: 2° estudio – Instancia Demora (Test de Respuestas Múltiples).....	415
A.8.- Instrumento de recolección de datos: 2° estudio – Instancia Demora (Cuestionario de problemas abiertos).....	419
A.9.- Material para alumnos: Cuadernillo de Actividades.....	420
A.10.- Material para alumnos: Cuadernillo Teórico	427
A.11.- El día y la noche: Acomodación Metodológica.....	442

INTRODUCCIÓN

1. ORIGEN DE LA INVESTIGACIÓN

La mayor parte de la gente considera hoy a la ciencia como una actividad que queda más allá de su comprensión. Sucede que aunque nuestra cultura del día a día ha incorporado y asimilado muchos aspectos que en el pasado formaban parte sólo de la ciencia, ésta ha avanzado con demasiada rapidez como para que como dice, Barnes (1987) “*el hombre de la calle pueda comprenderla*”.

Los avances científicos y tecnológicos que rápida y dinámicamente se manifiestan en la sociedad actual, parecen incrementar aún más este abismo que existiría entre la ciencia y la vida cotidiana. Pero, contradictoriamente, la sociedad actual necesita de ciudadanos capacitados científica y tecnológicamente, capaces no sólo de adaptarse a ella sino también de actuar en y sobre ella.

El reconocimiento de esta necesidad obligó a repensar los objetivos de la educación científica en Enseñanza Obligatoria. Desde distintos ámbitos educativos se comenzó a promulgar el derecho de todos los alumnos a acceder a una cultura científica básica (a una alfabetización científica) que les permita insertarse, adaptarse e incidir en la sociedad actual.

Las reformas educativas impulsadas por los distintos gobiernos (entre los cuales se encuentran los de España, Argentina, Brasil, por ejemplo) alrededor de los años 90, prescribieron como objetivo de la enseñanza científica obligatoria la mencionada alfabetización científica, para lo cual propusieron el abordaje de contenidos concernientes al campo de estudio de la física, química, biología, geología y astronomía desde los inicios de la educación primaria y hasta finales de la secundaria obligatoria, en post de propiciar una educación científica a todos...

Pero dichas reformas educativas no sólo implicaron un cambio en el objetivo de la enseñanza de la ciencia, y la inclusión de contenidos científicos a lo largo de toda la enseñanza obligatoria, sino que a su vez plantearon cambios profundos respecto a la metodología de enseñanza que tradicionalmente se venía implementando en las aulas de ciencia. En tal sentido hoy se “pretende” que los docentes no sólo desarrollen en sus clases contenidos relacionados con las ciencias, sino que lo hagan mediante *clases activas e innovadoras, creativas y participativas, basándose en temáticas que potencien*

un abordaje integrado e interdisciplinario de los contenidos seleccionados y a su vez, en estrecha relación con problemas relevantes para el alumno, encauzando o generando su motivación frente al objeto de conocimiento, atendiendo a la singularidad del que aprende y las características de los grupos que se integren (Diseño Curricular de la Provincia de Buenos Aires. Marco General; 1999). Todo ello tendiendo a potenciar, la adquisición de una visión integradora de las Ciencias Naturales, de su importancia cultural, de la forma en que se construye el conocimiento, del tipo de razonamiento que usa, de la validez, provisionalidad y aplicabilidad de sus resultados y de sus relaciones con otras ramas del saber.

Finalmente, en las mencionadas reformas educativas se plantea un currículum lo suficientemente abierto, para que pueda ser adaptado a las singularidades y necesidades de cada región, de cada aula, de cada grupo de estudiantes. Esto implica que, entre sus componentes profesionales, el profesor debe ser capaz de seleccionar los diferentes tipos de contenidos, analizar sus exigencias cognitivas, reconocer las concepciones de sus alumnos sobre los mismos, secuenciar actividades que tengan presente las características de los “usuarios” a los que va dirigida, diseñar estrategias de enseñanza... (Saura y de Pro, 2000).

Es decir, se pasa de una situación en donde oficialmente se prescribía que el objetivo último de la enseñanza de las ciencias era la formación concreta para acceder a la universidad o a estudios específicos y se establecía, mediante un currículo cerrado, qué contenidos enseñar y en qué nivel educativo, hacia otra, donde se destaca la importancia y necesidad de enseñar ciencias naturales a toda la población, con el fin último de propiciar su alfabetización científica. De esta manera, se otorga al docente (e instituciones educativas) roles hasta el momento no desarrollados sistemáticamente: seleccionar y secuenciar los contenidos a abordar en cada nivel e implementar estrategias metodológicas acordes con las más actuales corrientes epistemológicas, psicológicas y didácticas.

Estos cambios trajeron aparejada una creciente sensación de desconcierto, desasosiego y muchas veces de frustración para los docentes. No sólo por sentir la falta de las herramientas necesarias para implementar con éxito las nuevas demandas curriculares, sino también por comprobar reiteradamente el limitado éxito de sus esfuerzos docentes, al “observar” que sus alumnos no aprenden lo que se les enseña.

Esta crisis de la educación científica no se manifestó en las aulas sino también en los resultados de distintas investigaciones educativas realizadas. En tal sentido los resultados de numerosos estudios mostraron (y siguen haciéndolo) que los estudiantes encuentran serias dificultades en el aprendizaje de las Ciencias, dificultades que suelen ponerse de manifiesto, por ejemplo, al detectarse que aún luego de la instrucción formal, ellos suelen seguir elaborando sus explicaciones acerca de múltiples tópicos relacionados con las ciencias, desde un saber cotidiano y no desde un modo de conocer coherente con el que desde su seno se propone (Gómez Crespo y Pozo, 2000; Pozo, Gómez Crespo y Sanz, 2006)

Si bien este hecho, sobre todo desde las instituciones educativas y la sociedad en general, suele atribuirse a los cambios propiciados por las reformas educativas, consideramos que el problema presenta causas mucho más profundas, relacionadas con que no habría (en los distintos ámbitos del sistema educativo) respuestas consensuadas respecto de ¿qué contenidos enseñar en educación secundaria?, ¿cómo enseñar?, ¿cuándo considerar que los alumnos aprendieron ciencias?...

Estaríamos hoy transitando un momento donde no existe, aparentemente, un consenso teórico sobre qué significa aprender ciencia, qué tipos de procesos están implicados, qué estrategias instruccionales son eficaces para favorecer dichos procesos (Limón y Carretero, 1997). Ante este desconcierto, resulta dificultoso otorgar a los docentes herramientas concretas que le permitan afrontar con mayor éxito los cambios implicados con las reformas educativas, y con ello el propio proceso de enseñanza.

Si bien asumimos que es evidente la existencia de un problema en relación con la enseñanza de las ciencias en Educación Secundaria, también reconocemos que el mismo no es fácil de resolver. Pero sí consideramos que es indispensable actuar al respecto; que es indispensable intentar realizar un aporte, por mínimo que sea, en post de mejorar la calidad educativa. Con este ambicioso objetivo “en mente”, por el año 2004 y en el marco del Programa de Doctorado en Educación Científica y Educación Secundaria, hemos comenzado a *buscar* un marco teórico - metodológico que nos permitiera comenzar a dar respuesta a los interrogantes antes planteados.

Surge entonces la presente Tesis, que tiene como objetivo principal propiciar datos empíricos que, analizados a la luz de nuestro marco teórico, nos permitan concluir acerca de cómo conocen los estudiantes, cómo aprenden a partir de este conocimiento inicial, qué cambios se producen en el modo de conocer que inicialmente comparten

antes de la instrucción, y qué estrategias didácticas potencian y favorecen, el paso desde un saber intuitivo hacia otro cada vez más coherente con el de las ciencias. Para ello estudiamos el modo de conocer que comparten alumnos del nivel secundario acerca de “la visión y percepción del color”.

2. LA IMPORTANCIA DE LA ENSEÑANZA DE LA “VISIÓN Y LOS COLORES” EN EDUCACIÓN SECUNDARIA OBLIGATORIA

Decidimos trabajar sobre esta temática en primera instancia porque existe una reducida producción (en comparación al menos con la enseñanza de otras áreas de la Física en particular y las Ciencias Naturales en General) en relación a la enseñanza y el aprendizaje de los modelos que las ciencias proponen para interpretar y explicar los procesos de visión y percepción del color (Perales, 1994; Saura y de Pro, 2000). En tal sentido son escasos los trabajos de investigación que estudien cómo se modifican los significados que los alumnos otorgan a fenómenos relacionados con los fenómenos ópticos y de percepción visual y como consecuencia de ello, no abunda bibliografía que oriente a los docentes en cómo enseñar los contenidos establecidos por los Documentos Curriculares, referidos a la temática en cuestión.

Por otro lado, esta temática presenta una gran significatividad social, en cuanto permite interpretar fenómenos cotidianos y tomar decisiones sobre problemas que se presentan en el día a día como así también interpretar el funcionamiento de diversos dispositivos tecnológicos (como el caso de una impresora o el monitor de una computadora) por ejemplo (Verkerk y Bouwens, 1993). Hogarth (2002) propone que en el aprendizaje, juega un papel primordial la motivación, ya sea la interna (y con ello el deseo de aprender que reside dentro de la persona) como la externa (que se refiere a los resultados positivos o negativos que se obtienen en el trato con los demás o con el entorno). Y en este sentido el aprendizaje se vería potenciado si el “aprender” resulta estimulante, interesante, si proporciona un sentimiento de competencia y de control del entorno, si permite conocer cómo funcionan las cosas; satisfacer una curiosidad. La temática de la visión y los colores presentaría en este sentido una gran significatividad para los estudiantes, lo que podría implicar a su vez un mayor interés y predisposición para aprender (Sandoval y Salinas, 1990).

Por otra parte, el niño desde pequeño interactúa con el mundo que lo rodea, principalmente a través del sentido de la vista, y por ello también desde pequeño sabe

que para “ver” debe “dirigir la mirada hacia el objeto”, debe “encender la luz del cuarto”; que “no puede ver a través de los cuerpos opacos” (de hecho usa este conocimiento al participar del juego de las escondidas). Así también, desde pequeño tiene contacto con los “colores”, y se divierte pintando y cambiando el color a las cosas. Desde el nivel preescolar empieza a reconocer que la mezcla de pinturas puede dar origen a “nuevos colores”. Todo esto conlleva a que el niño vaya aprendiendo ciertas concepciones relacionadas con la visión y los colores por lo que, y en palabras de Hogarth (2002), los alumnos contarían con un *capital cultural* relevante (producto de su interacción con el medio). El hecho de contar con este *capital*, puede reducir la cantidad de esfuerzo que intervienen en la instrucción explícita y facilitar la adquisición de más conocimiento sobre dicho tema (Hogarth, 2002; Duit, 2006).

La importancia de la temática elegida también se ve justificada en cuanto a que el análisis de su desarrollo histórico puede potenciar la construcción de una idea acerca de las características del conocimiento científico (temporal, provisoriamente cierto y permanentemente sometido a cambio, revisión y desarrollo) y su construcción (a partir del aporte de diversos científico, continua, longitudinal) coherente con lo propuesto desde la epistemología contemporánea. En el mismo sentido, la multiplicidad de modelos que desde las ciencias se proponen para explicar un mismo fenómeno (el de percepción) permite reconocer sus características más relevantes, su naturaleza representacional, sus contextos de aplicación, las características de las explicaciones que pueden elaborarse a partir de sus usos (Montserrat, 1998; Salinas, y Sandoval, 1994; Sandoval y Salinas, 1990; Zajonc, 1997).

Otro punto que justifica la relevancia de la temática abordada en este trabajo, es que requiere de un estudio interdisciplinario (Pesa, Colombo y Cudmani, 2000). En palabras de Feynman, Leighton y Sands (1971) *“muchos de los fenómenos interesantes asociados con la visión que comprenden una mezcla de fenómenos físicos y procesos fisiológicos, y la total apreciación de los fenómenos naturales, cuando nosotros los vemos, debe ir más allá de la física en el sentido usual. No damos mayores justificaciones para hacer excursiones en otros campos, porque la separación de campos es meramente una conveniencia humana, y no una cosa natural. La naturaleza no está interesada en nuestras divisiones, y muchos fenómenos interesantes tienden un puente sobre las brechas entre campos”*. Los fenómenos de la visión y los colores son un claro ejemplo de lo dicho y potencian el abordaje interdisciplinario de los contenidos

estudiados en las clases de ciencias naturales. En tal sentido su desarrollo puede contribuir a la concreción directa de uno de los objetivos propuestos para la Educación Obligatoria (Diseño Curricular de la Provincia de Buenos Aires Inicial - E.G.B; 1999) relativo a que el alumno logre “*adquirir una visión integradora de las Ciencias Naturales, de su importancia cultural, de la forma en que se construye el conocimiento, del tipo de razonamiento que usa, de la validez, provisionalidad y aplicabilidad de sus resultados, de sus relaciones con otras ramas del saber*”

A su vez, el estudio de esta temática en clases de ciencias y a lo largo de toda la Educación Obligatoria, promueve un abordaje recurrente – cada vez más amplio y profundo – de los contenidos y posibilita, asimismo el establecimiento de diversas relaciones entre ellos, lo que potenciaría un aprendizaje con las características propuestas en este trabajo (las cuales se describen en el Capítulo I y II). Esto es, la complejidad de la temática abordada requiere de transposiciones didácticas que, atendiendo a las edades de los alumnos, sus características psico-evolutivas y concepciones iniciales, aborden modelos respecto de la visión y los colores, cada vez más complejos y abarcativos, como así también modos de pensar, razonar, hacer y decir cada vez más coherentes con los que caracteriza al pensamiento científico.

Siguiendo con el objetivo de fundamentar la necesidad de enseñar la temática visión y colores y realizar propuestas didácticas tendientes a potenciar su aprendizaje, debemos hacer alusión al problema que diversos autores dejan de manifiesto respecto a que aún luego del abordaje formal de esta temática en las aulas de ciencias, persisten en los alumnos ideas intuitivas o escolarizadas no coherentes con las científicas, hecho que se observa en estudiantes de distintos niveles educativos, incluido el universitario (Bravo, Pesa y Colombo, 2001; Chauvet y Kaminsky, 2002; García y Marínez, 2005; Salinas y Sandoval, 1996; Siqueira, 1993)

La persistencia de estas ideas puede deberse no sólo a la complejidad que implica su construcción, principalmente por los aspectos *constraintuitivos* que presenta (Mortimer, 2000) y porque su comprensión requiere de un cambio conceptual radical (al cual nos referimos más adelante), sino también porque se ven apoyadas por la cultura y lenguaje cotidiano.

En tal sentido, y como lo observan Anderson y Kärrqvist (1983), cotidianamente no nos referimos a que para ver esta página, la luz incide en ella, se refleja, incide en nuestros ojos y estimula el sistema visual. Como dice Mortimer (1996) muchas veces ni

los propios científicos utilizan en la vida diaria este tipo de vocabulario y explicación. Quizá si así fuera la comunicación se dificultaría, porque estas ideas y manera de hablar no forman parte de la cultura popular.

Pero muchas veces con esa manera de *hablar* (no sólo en la vida cotidiana sino también en las clases de ciencias, como docentes) podemos conducir a “reforzar” las ideas intuitivas de los estudiantes, ya que la forma de expresarnos suele estar de acuerdo con su sentir, con lo que observan a diario. Así, desde pequeños les pedimos a los niños que *pinten* algo de determinado *color*, dándoles un conjunto de marcadores, o les solicitamos nos alcancen el “vaso *verde*”, por ejemplo, afianzando quizá así la concepción de que el color es una propiedad del marcador, del vaso... del objeto. Sus sentidos no les informan de lo contrario, puesto que lo que perciben es lo que ven y no la luz recorriendo distancias o interaccionando con el objeto y su sistema visual. “Ilumíname acá que no veo bien...”, solemos pedirles cuando se quiere observar algo en detalle en una sala en penumbras. En tanto cuando se los reprende se les suele decir: “te estoy viendo eh?” y se marca una línea imaginaria entre los ojos del represor y los del reprendido. En los dibujos animados que con frecuencia ven por TV, aparecen “rayos saliendo de los ojos de los protagonistas (y no solamente de los “Super héroes”).

El lenguaje poético, con su metafórica manera de describir el mundo, suele utilizar también una forma de hablar como la antes descrita:

Codicia de la boca
al hilo de un suspiro suspendida,
ojos que no se cierran y hacen señas
y vagan de la lámpara a mis ojos,
fija mirada que se abraza a otra,
ajena, que se asfixia en el abrazo
y al fin se escapa y ve desde la orilla
cómo se hunde y pierde cuerpo el alma
y no encuentra unos ojos a que asirse...
¿Y me invitó a morir esa mirada?
Quizá morimos sólo porque nadie
quiere morirse con nosotros, nadie
quiere mirarnos a los ojos.

(Octavio Paz, 1989)

Además de la forma de hablar en la vida diaria, las propias experiencias cotidianas suelen tender a reforzar constantemente las ideas intuitivas que los niños y jóvenes construyen respecto a los fenómenos naturales en general (Duit, 2006) y en relación a la visión y los colores en particular. A su vez, para la mayoría de las situaciones diarias a las cuales ellos suelen enfrentarse normalmente, por lo general les son útiles y suficientes esas ideas intuitivas, que resultan tan “diferentes” a las de la ciencia que se pretende aprendan con la educación formal.

En tal sentido, las ideas propuestas por la ciencia respecto de la visión y la percepción de los colores presentan características muy diferenciadas a las que subyacen a las concepciones que al respecto se construyen cotidiana e intuitivamente (hecho que mostramos explícitamente en el capítulo II). La ontología y epistemológica característica de cada manera de pensar, como así también los modos de razonar implicados, resultan generalmente antagónicos.

Si asumimos que mediante la educación científica en Educación Secundaria, los estudiantes deberían construir, no sólo conceptos, leyes, modelos y teorías propuestas por la ciencia, sino también apropiarse de las características que subyacen a esta manera de conocer e interpretar el mundo, en un proceso de adquisición de la ansiada alfabetización científica (Pozo, 2007), consideramos que la temática de visión y percepción de los colores se convierten en un núcleo conceptual potencialmente útil para realizar un aporte a la concreción dicho objetivo. Su aprendizaje implica justamente un cambio en el modo de conocer de los alumnos, inherente a los principios ontológicos, epistemológicos y conceptuales, como así también de los modos de razonar, que habitualmente subyacen al saber inicial que los aprendices comparten sobre estos fenómenos (tal como se discute en el capítulo II). Y justamente en esta Tesis buscamos estudiar qué, cómo y ante qué estrategias didácticas aprenden los alumnos cuando existen tan marcadas diferencias entre su saber intuitivo y de la ciencia.

3. LOS ANTECEDENTES

El principal antecedente de esta Tesis es un trabajo de investigación exploratorio que se desarrolló entre los años 1998 y 2004, el cual consistió en la elaboración de propuestas didácticas tendientes a potenciar el aprendizaje de las ciencias en Educación Primaria y Educación Secundaria Obligatoria, en relación a los fenómenos de visión y percepción del color. El objetivo primordial de dicho trabajo de investigación exploratorio fue iniciar la búsqueda de algunos indicadores concretos, que permitieran la formulación de hipótesis respecto de cómo explican los estudiantes los mencionados fenómenos perceptivos, y cómo va cambiando su modo de conocer conforme avanza la instrucción formal. Para, en relación con ello, poder emitir también hipótesis fundamentadas respecto de cuáles serían aquellas estrategias didácticas, secuencias de enseñanza, criterios de selección y secuenciación de contenidos, rol del docente, que favorecerían dicho aprendizaje.

Los resultados del trabajo exploratorio (el cual describimos en el capítulo II) nos permitieron básicamente detectar que *es posible el aprendizaje* de las ciencias en Educación Obligatoria, ya que los alumnos al finalizar la instrucción implementada llegaron a compartir un modo de conocer coherente con el de la ciencia escolar respecto de la visión y percepción del color. Pero los mismos resultados también comenzaron a evidenciar que dicho aprendizaje representa para los estudiantes una alta complejidad, manifestada en los lentos “avances” observados respecto al cambio en su modo de conocer (acercándose paulatinamente al modo de conocer de la ciencia) y a los frecuentes “retrocesos” hacia el uso de sus iniciales ideas intuitivas. Son esos “avances y retrocesos”, la manera en que los alumnos aprenden, el contenido de lo que aprenden, lo que resulta indispensable conocer e interpretar para luego poder actuar en consecuencia en las prácticas de enseñanza.

Consideramos entonces necesario y pertinente continuar con la investigación en esta temática a fin de analizar con mayor profundidad y con mayor rigor metodológico, los procesos de aprendizaje que se producen durante la instrucción implementada y los niveles de aprendizaje que pueden alcanzarse al final de la instrucción, como así también la evaluación de aquellas estrategias didácticas que lo potencian y favorecen. Surge así, “persiguiendo” estos objetivos, el presente trabajo de Tesis.

4. ESTRUCTURACIÓN DE LA TESIS

En el **primer capítulo** se plantean los *fundamentos teóricos* que guían nuestro accionar en relación con la naturaleza del conocimiento científico y el conocimiento cotidiano y con ello los procesos involucrados durante el aprendizaje de las ciencias en general.

En el **segundo capítulo** se analiza la importancia de la enseñanza de las temáticas “visión y percepción del color” y lo que significa aprender los modelos propuestos por las ciencias al respecto. A la luz de la revisión bibliográfica realizada, se presenta un análisis detallado de las características que subyacen al saber cotidiano y al científico en relación a los procesos perceptivos mencionados. Finalmente se presentan los resultados más relevantes de la investigación exploratoria y longitudinal realizada previamente a esta Tesis que, junto a los resultados aportados por otros autores permite definir qué entendemos respecto del aprendizaje de los modelos que la ciencia propone para explicar la visión y percepción del color.

Una vez establecidos los modelos que según los estudios previos identifican a las concepciones de los alumnos, por oposición a los modelos científicos, fue posible diseñar instrumentos de recolección de datos, que permitieran identificar y describir el modo de conocer de los estudiantes. Con el fin de evaluar la validez de dichos instrumentos se realiza un estudio previo con alumnos de Educación Secundaria no Obligatoria, el cual se presenta y describe en el **tercer capítulo**.

En el **cuarto capítulo** se presenta el primer estudio realizado en esta Tesis que tiene como objetivo, analizar las concepciones de estudiantes de distintos niveles educativos acerca de los procesos de visión y percepción del color. En dicho estudio se analiza la influencia del nivel educativo sobre el modo de conocer de los estudiantes.

Dadas las limitaciones observadas en el Primer Estudio con respecto a la representación de la visión y el color en estudiantes de secundaria, se diseña expresamente para esta Tesis una propuesta de intervención didáctica, con el fin de propiciar el aprendizaje de los modelos de la ciencia relativos a los mencionados procesos perceptivos, la cual se presenta en el **quinto capítulo**. Allí se discuten los fundamentos teóricos que sustentan la metodología de enseñanza implementada y guiaron el diseño de la propuesta didáctica elaborada. Se describen también en ese capítulo, las características de los alumnos y docente involucrado en la implementación de la misma, como así también los materiales teóricos y prácticos elaborados.

En el **sexto capítulo** se presenta el segundo estudio realizado en esta Tesis que tiene como objetivo general, analizar “qué y cuanto” aprende un grupo de estudiantes de Educación Secundaria (grupo experimental) respecto de los modelos que la ciencia propone para explicar los procesos de visión y percepción del color, cuando su aprendizaje está basado en la propuesta de enseñanza diseñada aquí, por comparación con un grupo control que sigue una enseñanza tradicional.

En el **séptimo capítulo** se presenta el tercer estudio realizado en esta Tesis que tiene como objetivo, analizar “cómo” aprenden los estudiantes del grupo experimental a los que fue dirigida la propuesta didáctica diseñada en esta Tesis. A partir de un análisis de casos, se estudió cómo fue cambiando el modo de conocer de los estudiantes conforme avanzó la instrucción.

Finalmente en el **octavo capítulo** se presentan las conclusiones generales a las que se arriban en esta Tesis y se proponen nuevas líneas de trabajo.

CAPITULO I

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

1. LA IMPORTANCIA DE LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS NATURALES EN LA EDUCACIÓN OBLIGATORIA.

La necesidad de la escolarización formal en ciencias naturales surge ante la ampliación y la progresiva complejidad de los conocimientos que la sociedad va acumulando y se justifica por la exigencia de determinados ámbitos de desarrollo (como es el caso del científico-tecnológico) que se consideran necesarios para desenvolverse satisfactoriamente en la sociedad y cuyo aprendizaje no estaría asegurado a no ser que se lleve a cabo una actuación intencional y planificada (Marchesi y Martín, 2000).

Las metas educativas para la educación obligatoria deben hoy estar dirigidas a desarrollar en los alumnos capacidades que les permitan afrontar los cambios culturales que se están produciendo en la vida social, en los perfiles profesionales y laborales y en la propia organización y distribución social del conocimiento. (Pozo, 2007). En tal sentido, y en palabras de Aguilar (citado en Marco Stiefel 2000, pag 147), *“el derecho de los ciudadanos a no ser manipulados, a tener capacidades de comprensión de los fenómenos que les afectan y a intervenir activamente en la reconducción de los procesos sociales, pasa por la adquisición de unos conocimientos, el dominio de un lenguaje complejo como es el científico tecnológico, en continua evolución, y la puesta al día de una epistemología actualizada que les haga capaz de entender las posibilidades y límites de la ciencia”*.

Desde esta perspectiva, la enseñanza formal de contenidos inherentes a las ciencias naturales en Educación Obligatoria resulta indiscutiblemente necesaria e imprescindible para propiciar en los alumnos un proceso de *enculturación* (Mortimer, 2000) que implicará la construcción gradual y progresiva, de una “manera” de conocer coherente con la de la ciencia.

Una de las dimensiones más innovadoras de las reformas educativas implementadas en los últimos años ha sido justamente extender o acercar la cultura científica a un mayor número de ciudadanos. Tanto la prolongación de la educación obligatoria, que supone una extensión de la educación científica, que alcanza a más alumnos y durante más tiempo, como la creciente promoción de los saberes científicos

en distintos niveles educativos (ya que se incorpora su enseñanza desde la educación primaria) y en diversos ámbitos de educación informal (museos, revistas de divulgación, documentales de televisión, etc.) hacen que la presencia de la ciencia en los ámbitos educativos sea, en términos cuantitativos, más extensa e intensa que nunca (Pozo, 2002).

Y estas “nuevas” políticas educativas proponen como objetivo central propiciar la alfabetización científica de los estudiantes. Pero ¿qué significa alfabetizar científicamente?

Son diversos los autores que se han detenido a reflexionar respecto del significado de la “alfabetización científica”. Pese al fuerte señalamiento de su importancia, compartida por muchos de ellos, el propio concepto de alfabetización científica parece no ser tan unívoco. En tal sentido desde distintas perspectivas se enfatizan aspectos diversos, se señalan ámbitos distintos y se mencionan expectativas diferentes.

Así por ejemplo, Fourez (1997) prefiere ubicar la "metáfora" de la alfabetización científica, como la nombra, en una perspectiva que la sitúa *"en opinión de casi todos, necesaria para la promoción de la dignidad humana en nuestras sociedades llamadas desarrolladas"*.

En la misma línea se ubican Pozo y otros (1999) cuando indican que de hecho, desde diferentes perspectivas se aboga por una "segunda alfabetización", que incluiría una "alfabetización científica" dirigida a *"... desarrollar en los alumnos capacidades que les permitan afrontar los cambios culturales que se están produciendo, no sólo en la vida social, sino también en los perfiles profesionales y laborales y en la propia organización y distribución social del conocimiento"*.

Así, según Pozo (2007) *"la enseñanza de las ciencias debería tender a formar alumnos más autónomos en la gestión del conocimiento, en la medida en que la nueva sociedad de la información, el conocimiento múltiple y el aprendizaje exige ya de todos nosotros una cultura del aprendizaje basada no tanto en la aceptación de saberes establecidos y recibidos desde fuera, cuanto en la construcción de una propia mirada, de un saber propio, a partir de esos saberes múltiples"*

Para este autor (Op. cit) *"la alfabetización científica, de lograrse, supondría el acceso a nuevas funciones mentales"*. Aprender ciencia implica desde su punto de vista, que los alumnos y futuros ciudadanos, sean capaces de *"adquirir nuevas formas de pensar y de reconocer nuevos universos, nuevas "realidades" a cuya existencia sólo es*

posible acceder a través de la ciencia. La educación científica cumpliría así la meta de ampliar las competencias cognitivas, pero también afectivas y sociales, de los alumnos”.

Jiménez y Sanmartí (1997), en tanto, relacionan explícitamente la alfabetización científica con la meta de lograr que todos los miembros de la sociedad compartan un cierto patrimonio cultural en el plano científico que implica: *“ desarrollar capacidades como la de interpretar los contenidos científicos que aparecen, implícita o explícitamente, en una noticia de prensa, por ejemplo sobre soja transgénica o sobre medidas de ahorro energético”.*

Furió y otros (2001) ponen el énfasis en las posibilidades que otorgaría al ciudadano la alfabetización científica. Para estos autores, dicha alfabetización *“significará que la gran mayoría de la población dispondrá de los conocimientos científicos y tecnológicos necesarios para desenvolverse en la vida diaria, ayudar a resolver los problemas y necesidades de salud y supervivencia básicos, tomar conciencia de las complejas relaciones entre ciencia y sociedad y, en definitiva, considerar la ciencia como parte de la cultura de nuestro tiempo”.*

Estos autores extienden dichas metas a toda la enseñanza de las ciencias y consideran que la misma deberá aportar a la consecución de los objetivos mencionados, no sólo brindando a los estudiantes la comprensión de conocimientos, procedimientos y valores que les permitan tomar decisiones en sus propias vidas, sino también formándolos como ciudadanos capaces de percibir los alcances y el valor de las ciencias, por un lado, como las limitaciones y consecuencias negativas de su desarrollo, por el otro.

Dentro de la alfabetización científica de los estudiantes, Furió y otros (Op. Cit.) otorgan un lugar especial a la formación de quienes se dedicarán a la ciencia: *“ ... significa preparar a los futuros ciudadanos y también entre ellos y muy especialmente a los futuros científicos, para que puedan adquirir los valores democráticos y la consciencia de respeto y cuidado del medio, dentro de una educación pensada para lograr un desarrollo sostenido del planeta. De este modo se contribuirá en su formación para que sean capaces de tomar decisiones fundamentadas a la hora de afrontar los problemas medioambientales y sociales, resolver problemas cotidianos, mejorar su autoestima y autonomía, así como su interés crítico por la ciencia”.*

Otros especialistas en el tema enfatizan que la alfabetización científica le otorga al ciudadano una base mínima para orientar la participación informada en temas de interés social. Entre ellos figuran Hazen y Trefil (1997) quienes, al tiempo que dan algunas precisiones acerca de los elementos que componen la alfabetización científica (a la que llaman también "alfabetismo científico"), destacan el aspecto mencionado: *"la alfabetización científica constituye el conocimiento que necesitamos para comprender temas públicos. Es una mezcla de hechos, vocabulario, historia y filosofía. No es la materia especializada de los expertos sino el conocimiento más general, menos preciso, que se usa en el discurso político. Si usted puede comprender las noticias del día en lo que se refiere a la ciencia, si usted puede tomar artículos con titulares acerca de ingeniería genética y del agujero de ozono y ubicarlos en un contexto significativo - en pocas palabras, si usted puede tratar noticias sobre ciencia de la misma manera que trata todo lo que aparece en su horizonte - en lo que a nosotros respecta, usted está alfabetizado científicamente"*.

En esta línea, para Prewitt (1997) los individuos científicamente alfabetizados son aquellos que *"no se sienten desconcertados ni intimidados por la introducción de nuevas tecnologías o el advenimiento de nuevos lenguajes científicos [...] Los ciudadanos que tienen esta sabiduría no son extraños en su propia sociedad"*.

Marco - Stiefel (2000), en tanto, realiza las siguientes distinciones:

- *Alfabetización científica práctica*, que permita utilizar los conocimientos en la vida diaria con el fin de mejorar las condiciones de vida, el conocimiento de nosotros mismos, etc.
- *Alfabetización científica cívica*, para que todas las personas puedan intervenir socialmente, con criterio científico, en decisiones políticas.
- *Alfabetización científica cultural*, relacionada con los niveles de la naturaleza de la ciencia, con el significado de la ciencia y la tecnología y su incidencia en la configuración social.

Con matices ligeramente diferentes, Gil y Vilches (2001) también mencionan los aportes de otros autores (como Reid y Hodson, 1993), quienes proponen que una educación dirigida hacia la obtención por parte de los individuos de una cultura científica básica, debería contener:

- *Conocimientos de la ciencia*: ciertos hechos, conceptos y teorías.

- *Aplicaciones del conocimiento científico*: el uso de dicho conocimiento en situaciones reales y simuladas.
- *Habilidades y tácticas de la ciencia*: familiarización con los procedimientos de la ciencia y el uso de aparatos e instrumentos.
- *Resolución de problemas*: aplicación de habilidades, tácticas y conocimientos científicos a investigaciones reales.
- *Interacción con la tecnología*: resolución de problemas prácticos, enfatización científica, estética, económica y social y aspectos utilitarios de las posibles soluciones.
- *Cuestiones socio - económicas - políticas y ético - morales en la ciencia y la tecnología*.
- *Historia y desarrollo de la ciencia y la tecnología*.
- *Estudio de la naturaleza de la ciencia y la práctica científica*. Consideraciones filosóficas y sociológicas centradas en los métodos científicos, el papel y el estatus de las teorías científicas y las actividades de la comunidad científica.

Finalmente, Marco - Stiefel (2000) proponen respecto a la alfabetización científica, cuatro niveles de comprensión:

- *Conocer*, que implica acceder a un lenguaje y poder usarlo, tenerlo como clave de lectura; entendido el lenguaje científico como funcional desde el punto de vista divulgativo
- *Decodificar*, que implica saber de los procesos involucrados en la construcción científica, saber de los métodos, de los modos de hacer propios de esta actividad
- *Actuar*, lo que supone conocimiento crítico que accede a las consecuencias y se pregunta por lo fines: dimensione sociales, económicas, tecnológicas, humana y éticas
- *Desmitificar*, lo que significa desarrollar una formación epistemológica orientada a conocer las características y naturaleza de la ciencia: el problema de la objetividad, aspectos críticos en referencia a la neutralidad o al progreso científico..., en base a una visión de ciencia más humana y cercana a la actividad científica real.

No es fácil, ni quizá necesario, optar entre las visiones analizadas, dado que creemos que vale la recuperación de los aportes de los distintos autores, con miras al

reconocimiento de la complejidad oculta tras un propósito que consideramos indispensable atender e intentar alcanzar con la Educación Obligatoria. Así también, cada aporte debería permitirnos formalizar una conceptualización útil, respecto de la alfabetización científica, que permita diseñar de manera fundamentada la enseñanza de las ciencias, atendiendo a nuestra realidad educativa.

Consideramos entonces que los alumnos se habrán convertido en individuos científicamente alfabetizado, cuando hayan reconocido a la ciencia como un conjunto de conocimientos construidos individual y socialmente, cambiante en el tiempo, que llevan implícitos una manera característica de conocer e interpretar el mundo y razonar frente a la resolución de problemas. En tal sentido, la alfabetización científica implicaría apropiarse de esa manera de conocer y de la habilidad para seguir aprendiendo e interpretando los nuevos conocimientos que desde su seno se construyan. A su vez, implicará reconocer la aplicabilidad social de los contenidos propuestos por la ciencia en el entorno inmediato y no inmediato, y saber utilizar ese conocimiento en distintas situaciones y contextos de su vida (que pueden ir desde interpretar una nueva información hasta participar activamente de decisiones sociales a través del voto sobre situaciones que implícita o explícitamente requieren de un “conocimiento científico”).

Dada la naturaleza cambiante del conocimiento científico y los rápidos avances con los que hoy convivimos, consideramos que la alfabetización va mas allá de la construcción de un concepto o del conocimiento de un dominio o de una temática en particular, aunque reconocemos la importancia de los contenidos como el medio para conseguir el objetivo final. Creemos que la alfabetización científica implica, *apropiarse de una manera de conocer y aprender, distinta a la cotidiana (Pozo, 2007) que le permitiría al alumno construir los conocimientos, habilidades y actitudes propuestos por Red y Hodson (1993) y desarrollar una alfabetización científica práctica, cívica y cultural (Marco - Stiefel, 2000).*

Decimos “apropiarse de una manera de conocer y aprender, distinta a la cotidiana” porque la cultura popular se apoya en una Física, Química, o Biología intuitivas (Pozo, 2001), que se construyen en base a criterios, modos de razonar, reglas heurísticas, propósitos y valoraciones que difieren sustancialmente de los desiderata de precisión, coherencia, objetividad y sistematicidad del conocimiento científico (Pesa, 1997). Y en la vida cotidiana son las creencias populares las que resultan más pragmáticas, porque

nos permiten predecir qué va a suceder o qué debemos hacer en una situación concreta, sin necesidad de saber porqué (Pozo, 2007)

Los modelos de las ciencias, en tanto, no son compartidos por la mayor parte de los individuos, sino que sólo están en manos de unos pocos y la mayor parte de la humanidad no los utiliza (Delval, 2004). La representación del mundo de acuerdo con dichos modelos y teorías dista mucho de ser generalizada y a pesar de las crecientes demandas actuales a favor de la *educación científica y tecnológica para todos* la cultura científica popular se halla aún muy lejos de compartir las formas de pensar e interpretar el mundo que presenta la ciencia.

Desde esta perspectiva, se justifica el hecho de que la alfabetización científica comience a potenciarse desde la educación primaria, a fin de que los alumnos desde pequeños puedan comenzar a construir paulatinamente estructuras conceptuales cada vez más coherentes con las propuestas por la ciencia, para adaptarse al mundo en el que vive y actuar críticamente en él.

Pero ¿cómo construyen los estudiantes estructuras conceptuales coherentes con las de la ciencia?, ¿qué significa que hayan aprendido los modelos por ella propuestos?, ¿cuándo podemos asumir que un alumno aprendió las conceptualizaciones científicas? En el siguiente apartado nos detenemos a reflexionar sobre los distintos modelos teóricos que han ido surgiendo a lo largo del tiempo con el intento de explicar cómo y qué significa aprender el saber de las ciencias naturales.

2. EL APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS NATURALES.

Una revisión bibliográfica para evitar la amnesia crónica¹.

Existe hoy un consenso acerca de que las ideas que presentan los alumnos previas a la instrucción, son uno de los factores que influyen directamente en el aprendizaje (Ausubel, Novak y Hanesian, 1978; Delval, 2004; Duit, 2006; Moreira, 2000; Pozo, 1999, Vosniadou, 2006). En tan sentido, se asume que dichas concepciones guían de manera implícita la construcción del conocimiento de la ciencia y la atribución de significados a los conceptos (Mortimer, 2000; Pesa, 1997; Pozo, 2001) Es por ello que la calidad de los aprendizajes escolares dependería en gran parte de las concepciones previas que construyen los alumnos en su contexto social y de la forma en que esas

¹ Linn, 1987

concepciones podrían ser cambiadas como consecuencia de la enseñanza recibida (Pozo y Rodrigo, 2001).

Pero... ¿qué significa que los sujetos “aprendan” durante un proceso de enseñanza formal?

Aprender: Del latín *apprehendere*. Adquirir el conocimiento de alguna cosa. Instruirse. Retener en la memoria (Espasa 1 Diccionario enciclopédico, 1991)

Este ha sido el significado que durante mucho tiempo se ha asociado con la idea de “aprender”, no solo desde la cultura popular sino también desde distintos ámbitos del saber formal (psicología, filosofía y didácticas de las ciencia, por ejemplo).

Aprender, desde la definición o concepción más simple, está relacionado con “aprehender”: concebir intelectualmente las especies de las cosas sin juicio de ellas o sin afirmar ni negar. En esta concepción se considera que la mayoría de los sujetos no construyen un conocimiento útil y trascendente para la humanidad, sino que toman el conocimiento que otros han construido en el seno de distintas comunidades científicas y que les son transmitidos por educación formal o por transmisión cultural.

Esta noción tiene sus raíces en una corriente filosófica muy importante y que si bien data del siglo XVII fue dominante en ese siglo y el XVIII: la corriente empirista. Según esta doctrina (que fuera propuesta y defendida inicialmente por los filósofos ingleses Locke y Hume) cuando nacemos nuestra mente es como una pizarra en blanco, una *tabula rasa*, sobre la que se va escribiendo el resultado de nuestras experiencias y el conocimiento se va acumulando en nuestra mente. Todo nuestro conocimiento sería el resultado del contacto con una realidad -que incluye a los otros- que ya existe, que es exterior a nosotros. El conocimiento se concibe desde esta corriente como una copia de esa realidad, considerándose que mejor sería el conocimiento cuanto más fiel resultase la copia. Así, desde esta doctrina, se ponen el acento en la justificación del conocimiento a partir de los datos suministrados por la experiencia sensible y se trata de establecer un método científico riguroso, apoyado en los datos de esa experiencia. Dicho método se basa en la inferencia inductiva, es decir, en la inferencia mediante la cual se pasa de enunciados singulares (como descripciones de los resultados de las observaciones o experimentos) a enunciados universales (como hipótesis o teorías)

La posición empirista no sólo ha sido muy influyente dentro de la filosofía sino que ha inspirado el origen de una postura psicológica que surge a principios del siglo pasado: el conductismo (Delval, 1997; Novak, 1988; Pozo, 1989). Esta corriente, como

enfoque asociacionista y mecanicista sitúa el principio motor de la conducta fuera del organismo, interpretándose que el aprendizaje siempre es iniciado y controlado por el ambiente, por lo que el organismo adopta un carácter pasivo, que se limita a responder a las contingencias ambientales (Pozo , 1989)

En el contexto educativo y con relación a esta corriente, surge la conocida *enseñanza por “transmisión de conocimientos verbales”* (Pozo y Gómez Crespo, 1998) en el que la lógica de las disciplinas científicas se impone a cualquier otro criterio educativo y en la que a los alumnos se les relega un papel meramente reproductivo. El docente adopta el papel de poseedor y proveedor del conocimiento. Al ser el criterio de selección de contenidos únicamente disciplinar y al considerarse que la ciencia es un conjunto de conocimientos, formado por hechos y teoría verdaderas, se concibe que en clases de ciencia hay que limitarse a transmitir esos conocimientos a los estudiantes, quienes adoptando un papel pasivo, y con su mente “limpia de todo conocimiento” “aprehenderán” lo que se les enseña (Mellado y Cariacedo, 1993). Es por ello que la metodología dominante es expositiva, mediante clases magistrales donde el docente “explica la ciencia”, realiza algún experimento demostrativo para apoyar las explicaciones y el saber compartido se aplica para la resolución de ejercicios (más o menos repetitivos). El aprendizaje de las ciencias se asocia desde esta perspectiva, más a la memorización del saber científico que a su interpretación. Y consecuentemente con ello, durante la evaluación se busca la reproducción de lo “aprendido” en clase.

Esta manera de concebir el aprendizaje de la ciencia y la construcción del conocimiento científico es todavía fuertemente compartida por muchos docentes. Porlán, Rivero y Martín (1998) en un estudio sobre las concepciones científicas y didácticas de los profesores encuentran justamente que la imagen de ciencia que predomina en los docentes es el empirismo que se caracterizaría por estar *“basado en la creencia de que la observación de la realidad permite obtener por inducción el conocimiento objetivo y verdadero que, como tal, es un reflejo de la realidad”*. Así también hallan que el modelo de enseñanza que llaman tradicional es el más representativo y el mismo conlleva asumir que *“basta con que el profesor tenga una buena preparación en los contenidos de la materia y unas ciertas cualidades humanas acordes con la actividad de enseñar para que el sistema funcione. Cuando el sistema fracasa, o bien se debe a que el profesor no reúne los requisitos mencionados, o bien a que los alumnos son estudiantes deficientes o tienen sus capacidades intelectuales*

mermadas” En relación con ello, la teoría del aprendizaje compartido en mayor medida implica asumir que “*el alumno es una mente en blanco que recibe una información del profesor y que captará su significado siempre que esté atento y no tenga ninguna disfunción. Así se asume que el que va a aprender algo lo hace porque no posee dicho significado o porque el que posee es incorrecto*”. La evaluación, finalmente, se entiende como una “*calificación para comprobar que los alumnos se hayan apropiado de los conceptos explicados*”.

Este tipo de metodologías (que como decíamos todavía suele “reinar” en las clases de ciencias) puede conducir en el mejor de los casos a un aprendizaje memorístico de hecho, datos, conceptos, leyes....pero no asegura un uso dinámico y flexible de esos conocimientos fuera del aula (Pozo y Gómez Crespo, 1998). En tal sentido es frecuente encontrarnos con individuos como los que menciona Delval (2004): *que recuerdan haber estudiado las explicaciones científicas en la escuela, pero las han olvidado con el paso del tiempo*. En relación a ello, Jiménez (2000) propone que las críticas a este modelo de enseñanza pueden resumirse en que, según han mostrado buen número de trabajos, la mera exposición de un cuerpo de conocimiento no asegura su comprensión, y los conocimientos no se adquieren ya hechos, sino que cada persona los reconstruye a la luz de sus ideas y experiencias anteriores.

Fue el suizo Jean Piaget (1973) quien propuso (frente a las posiciones empiristas que dominaban en su tiempo) que el conocimiento es el resultado de la interacción entre el sujeto y la realidad que le rodea. Y planteó que al actuar sobre ella, el individuo construye propiedades de esa realidad al mismo tiempo que construye su propia mente. Es decir que desde esta concepción se le comienza a reconocer un rol activo al sujeto durante el proceso de construcción de conocimiento y se resalta la relación indisoluble entre él y los objetos con los que interacciona. El conocimiento entonces, comienza a ser entendido como producto de una actividad del individuo y no como una simple reproducción del mundo de las cosas.

Según Piaget (1973), cuando el sujeto actúa sobre la realidad, la incorpora, la asimila, y la modifica, pero al mismo tiempo se modifica él mismo, pues aumenta su conocimiento y las anticipaciones que puede hacer. Según esta postura, el individuo tiene que construir tanto sus conocimientos y sus ideas sobre el mundo, como sus propios instrumentos de conocer. El desarrollo cognitivo, en tanto, implica el paso por distintos estadios (sensorio-motor; pre-operacional; operaciones concretas y

operaciones formales) que, en definitiva, son distintas formas de interaccionar con la realidad.

Pese a que el propósito de Piaget al proponer su teoría no fuera pedagógico, su influencia en las clases de ciencia fue clara en los años 60 – 70 del siglo pasado.

Una de las corrientes didácticas basadas en la teoría piagetiana fue la enseñanza que se orientó a favorecer el *desarrollo del pensamiento formal de los estudiantes* (Limón y Carretero, 1997). La misma puso el énfasis en alcanzar el estadio de las operaciones formales, ya que este nivel suponía la posibilidad de utilizar el razonamiento hipotético - deductivo, el esquema de control de variables y el manejo de proposiciones, así como el dominio de una serie de operaciones lógicas necesarias para resolver problemas con contenidos científicos. La enseñanza de las ciencias se orientó entonces a iniciar a los alumnos en la comprensión de lo que es ser científico y pensar científicamente y se le dio importancia al aprendizaje activo frente al estilo tradicional de transmisión de conocimientos por exposición del profesor (Caamaño, 1988).

Este hecho tiene su correlato en que desde la teoría piagetiana se concibe que el proceso de aprendizaje implicaría cambios cognitivos generales, independientes del dominio de conocimiento, en tanto el pensamiento formal está basado en el desarrollo de estructuras lógicas de carácter general que subyacen al uso de cada uno de los esquemas u operaciones formales. Los profesores que asumieron esta concepción piagetiana diseñaron currículos que fomentaban el desarrollo de las operaciones formales, ya que ésta sería una condición necesaria, y casi suficiente, para el aprendizaje científico (Mellado y Cariacedo, 1993).

Una de las críticas que recibió este modelo didáctico es que no podía explicar el papel de los contenidos en la enseñanza ni el del contexto en el cual ésta se produce. En tal sentido, los resultados de las investigaciones realizadas en la década de 1980 (principalmente) revelaron la importancia del contenido específico sobre el que el individuo razona y la dificultad tanto en adolescentes como en adultos de utilizar “en todos los casos posibles” un razonamiento formal (Limón y Carretero; 1997; Pozo y Gómez Crespo, 1989). Esto conllevaría a asumir que el pensamiento formal no es una capacidad tan general como propuso Piaget y que el conocimiento científico que, en términos de Pozo (1989) es artificial (en el sentido que no constituye una adquisición necesaria) sólo puede adquirirse intencionalmente, es decir mediante la instrucción.

Otra corriente didáctica que también desfocalizó la importancia de los campos conceptuales concretos, ya que se centró en los “procesos de la ciencia”, fue la metodología de *enseñanza por descubrimiento autónomo*. Desde esta perspectiva se asumió que el conocimiento se descubre aplicando el método científico, por lo que había que enseñar a los estudiantes a realizar buenas observaciones ya que través de ellas y por inducción llegarían a descubrir las leyes de la naturaleza. (Mellado y Cariacedo, 1993). Ya lo proponía Piaget (1970) “*cada vez que se le enseñan prematuramente a un niño algo que hubiera podido descubrir sólo, se le impide a ese niño inventarlo y, en consecuencia entenderlo completamente*”. Desde este punto de vista, se asumió, que la enseñanza de la ciencia debía estar dirigida a facilitar ese descubrimiento y que nada mejor para aprender ciencias que seguir los pasos de los científicos, enfrentándose a sus mismos problemas para encontrar las mismas soluciones (Pozo y Gómez Crespo, 1998).

Ausubel, Novak y Hanesian (1978) ofrecen una exhaustiva crítica a la metodología de enseñanza por descubrimiento. Así, entre los puntos más relevantes consideran que:

- la mayor parte de lo que uno sabe consiste en ideas que han sido descubiertas por otros y posteriormente comunicadas significativamente, en contrapartida con lo propuesto desde la metodología anteriormente mencionada que asume que todo conocimiento real es descubierto por uno mismo
- la capacidad de resolver problemas científicos nuevos de un modo autónomo no está al alcance de la mayor parte de los alumnos
- no se pueden resolver problemas científicos a menos que se disponga de un amplio bagaje de conocimientos con respecto al área temática de la que se trate
- el método de descubrimiento no conduce necesariamente a una organización, transformación y utilización del conocimiento más ordenadas, integradoras y viables
- no hay pruebas de que el método por descubrimiento produzca un aprendizaje más eficaz y duradero que la enseñanza significativa

Finalmente, otra crítica al enfoque por descubrimiento fue que desenfoca por completo al profesor y con él como cabe suponerse, a la propia labor educativa que pierde buena parte de su función de *transmitir* la cultura a los futuros ciudadanos, dejando que sean éstos los que de forma más o menos autónoma la descubran. El rol del docente, en este modelo de enseñanza se “reduce” a coordinar actividades

experimentales (restringiendo sus intervenciones), proporcionar oportunidades de investigar y de realizar experiencias que ayuden al alumno a desarrollar las habilidades de investigación (que son en las que finalmente se centra la evaluación) (Pozo y Gómez Crespo, 1998).

Las dificultades de esta metodología de enseñanza para propiciar el aprendizaje de las ciencias, resultaron evidentes. No sólo porque el rol del docente fue considerado más bien pasivo, sino también porque resultaba poco factible considerar al alumno como un pequeño científico, capaz de actuar y pensar como él. Además, y como decíamos, al centrarse la atención en los “procesos de la ciencia”, transmitiéndose a su vez una ingenua imagen inductivista del trabajo científico, se desfocalizó la importancia de los campos conceptuales concretos sin los cuales no podrían desarrollarse las destrezas intelectuales.

No obstante, y coincidiendo con Jiménez (2000) no debemos olvidar que (pese a las críticas mencionadas) el modelo de aprendizaje por descubrimiento “supuso una revolución, un gran paso en la ruptura con la transmisión al poner énfasis en la actividad de la persona que aprende”.

Justamente es la corriente constructivista, que otorga un rol primordial al individuo durante el proceso de construcción del conocimiento, la que comienza a *gobernar* en los últimos tiempos, el ámbito de la epistemología, psicología y didáctica de la ciencia.

Esta corriente se ve reflejada en las más actuales concepciones epistemológicas, según las cuales el conocimiento científico no se “extrae” de la realidad (como lo propone la visión empirista – positivista) sino que procede de la mente de los científicos que elaboran modelos y teorías en el intento de dar sentido a esa realidad (Islas y Pesa, 2002). Así se asume que los conceptos y leyes que componen las teorías científicas no están en la realidad sino que son parte de las mismas teorías construidas por los científicos

Esta concepción, en el plano de la psicología, implica superar la postura conductista, lo que conlleva a que el aprendizaje ya no se conciba como una mera actividad reproductiva o acumulativa. Como lo afirman Pozo y Gómez Crespo (1998) “*aprender no es hacer fotocopias mentales del mundo ni enseñar es enviar un fax a la mente del alumno para que ésta emita una copia, que el día del examen el profesor compara con el original en su día enviado por él*”. El conocimiento no es nunca una copia de la realidad que representa sino una construcción, producto de complejos

procesos mentales. En consecuencia, se reconoce que el conocimiento construido se ve fuertemente influenciado por el conocimiento previo que tiene el sujeto al momento de aprender uno nuevo, el cual, según Driver (1989) orienta sus experimentos y condicionan sus interpretaciones.

Esta “nueva” concepción de aprendizaje, llevada a las prácticas educativas, implicó no sólo otorgarle un rol más activo al docente en el proceso de enseñanza, sino, sobre todo, concederle un rol preponderante a las concepciones que los alumnos presentan antes de la instrucción. Es a partir de los años setenta del siglo pasado cuando la investigación sobre la enseñanza de la ciencia empieza a demostrar su interés creciente en los modelos conceptuales de los alumnos y no sólo en sus procesos de razonamiento. A lo largo de los ochenta comienzan a divulgarse en las revistas especializadas trabajos sobre las ideas de los alumnos respecto de numerosos conceptos científicos, fundamentalmente físicos tales como el de fuerza, gravedad, velocidad, aceleración, electricidad, calor y temperatura entre muchos otros

El interés de conocer las ideas de los estudiantes radicó en que desde un enfoque constructivista se concibe que es a partir de ellas que se debe favorecer un aprendizaje que vaya mucho más allá de la mera memorización de algunos contenidos y el desarrollo de la habilidad de desarrollar ejercicios repetitivos.

Así lo dice Ausubel: “*si tuviera que reducir toda la psicología educativa a un solo principio, enunciaría este: el factor más importante que influye en el aprendizaje es lo que el alumno ya sabe. Averígüese esto y enséñese en consecuencia*” (Ausubel, Novak y Hanesian, 1978)

Desde esta perspectiva se propone que el aprendizaje que debiera favorecerse, debe ser un *aprendizaje significativo*, que implica un proceso por el cual una información nueva se relaciona, de manera no arbitraria y substancial, con conceptos ya existentes en la estructura cognitiva de quien aprende. La estructura cognitiva representa los conocimientos que posee un individuo (conceptos, ideas, proposiciones y símbolos, a los cuales el individuo les ha dado un significado tal que le sirven para actuar en el medio que lo rodea y poder interpretarlo) que se encuentran estructurados y organizados jerárquicamente en su mente, en forma de una red específica de conceptos.

En este marco teórico, se considera que todo aprendizaje puede ser analizado de acuerdo a un continuo que va del aprendizaje memorístico al significativo. Cuando éste último se lleva a cabo, el nuevo conocimiento se relaciona no con cualquier

conocimiento que el individuo ya posee, sino con aquel que tiene un significado más claro para él (a esto se refiere la relación no arbitral). A su vez, durante este tipo de aprendizaje, no se aprenden una serie de palabras precisas a ser usadas para explicar un concepto o una idea, sino que se incorpora a la estructura cognoscitiva lo que ellas significan (a esto se refiere la relación substancial). Según esta perspectiva, se aprende fundamentalmente por sucesivas diferenciaciones progresivas y reconciliaciones integradoras de los conceptos. Durante la diferenciación progresiva, el concepto que un individuo tiene adquiere un significado más preciso y se va diferenciando de otros con los que hasta ese momento permanecía indiferenciado. A causa de sucesivas diferenciaciones, puede ocurrir que se perciba una regularidad entre él y otros o que se “reconcilien” (bajo un mismo principio conceptual) a diversas situaciones que antes se concebían por separado. Esta reconciliación integradora, ocurre con modificación de las relaciones entre conceptos y cambios de la organización jerárquica preexistente. Un aprendizaje como el que se plantea, implica un alumno activo en la construcción del conocimiento, en tanto el proceso implicado requiere de una actividad mental. La teoría del aprendizaje significativo reivindica así la importancia del conocimiento previo de los alumnos.

Llevado a la práctica de enseñanza, esta teoría se tradujo en una *enseñanza expositiva* (Pozo y Gómez Crespo, 1998), en donde el docente juega un rol primordial. Como primera instancia en una secuencia de enseñanza coherente con esta metodología, es él quien deberá establecer de modo explícito relaciones entre la nueva información que va a presentarse y ciertos conocimientos que ya estén presentes en la estructura conceptual del alumno. De no poseer el alumno las ideas necesarias deberá recurrir y presentar explícitamente un organizador previo cuya función sea “*tender un puente cognitivo entre lo que el alumno ya sabe y lo que necesita saber antes de aprender significativamente la tarea en cuestión*” (Ausubel, Novak y Hanesian, 1978). Además el profesor debe hacer también explícito, en todo momento, la organización propuesta, la relación entre las ideas iniciales y el material de aprendizaje propiamente dicho.

Para facilitar la diferenciación progresiva el docente debe secuenciar los contenidos de la materia partiendo de las ideas y conceptos más generales e inclusivas para luego ir diferenciándolos en términos de detalle y especificidad. Para facilitar la reconciliación integradora, el docente debe ayudar a explorar explícitamente las relaciones entre conceptos y a atender a las diferencias y similitudes más relevantes,

propiciando secuencias de actividades que favorezcan la integración de aquellas nociones que antes se creían no relacionadas. Las actividades de evaluación justamente implican centrarse en el conocimiento conceptual del alumno y en la capacidad que haya adquirido para integrar unos conceptos con otros.

No cabe duda que esta propuesta intenta superar el tipo de aprendizaje que tiende a propiciar la metodología de enseñanza tradicional, el cual implica que el alumno memorice una serie de leyes, teoría, principios... sin haberlos comprendido, sin haberles otorgado *significado*.

Pero uno de los problemas de esta teoría radica en que parece centrar la atención en un saber netamente conceptual, quedando relegada la enseñanza intencional de actitudes, y procedimientos propios del conocimiento científico que, entendemos, resultan indispensables aprender y enseñar, si el objetivo va mas allá de saber *decir*, sino que involucra el saber hacer y saber actuar con fundamento, consistencia y coherencia argumentativa, al enfrentarnos a problemas que requieran de una cultura científica.

Pero quizá el punto más débil de esta propuesta sea, como dice Gutierrez (1989) que vacila cuando se encuentra ante cambios conceptuales profundos que impliquen cambios radicales de significación. Cambios que requieren la construcción de principios generales (epistemológicos, ontológicos y conceptuales) que den significado a los diferentes conceptos científicos estudiados (Pozo y Gómez Crespo, 1998). En el mismo sentido, de Posada (2000) propone que si bien la teoría ausubeliana indica la importancia de las ideas previas en el aprendizaje, no menciona la persistencia y naturaleza de las concepciones alternativas. Así, el modelo resultaría útil en áreas en las que los alumnos no han construido ideas previas sólidas, pero su uso tiene limitaciones en áreas conceptuales (como mecánica, termodinámica, óptica, etc) donde existen ideas intuitivas muy arraigadas y son varias las investigaciones que dejan de manifiesto su “persistencia” aún luego de la instrucción formal.

Ante esta situación, reconociendo que el aprendizaje es el resultado de la interacción entre lo que se enseña al alumno y sus propias ideas o conceptos; que los *errores conceptuales* que tienen los alumnos antes de la instrucción, son lo suficientemente “robustos” como para sobrevivir aún después de la instrucción, Posner, Strike y Hewson (1988) proponen su Teoría de Cambio Conceptual (que tanta repercusión ha tenido no sólo en el ámbito de la investigación educativa sino en el

propio seno de las clases de ciencia). Estos autores reconocen la necesidad de centrar el estudio del aprendizaje más en el contenido de las ideas de los alumnos y menos en las estructura lógica que Piaget supone subyacente. Puntualmente intentan hallar una teoría que describa o explique las dimensiones sustantivas del proceso por el que las personas cambian sus conceptos centrales y organizadores, desde un conjunto de conceptos a otro incompatible con el primero (hecho que la teoría de aprendizaje significativo no podría explicar).

Desde esta teoría de cambio conceptual se propone que a veces los estudiantes utilizan conceptos ya existentes para trabajar con nuevos fenómenos (fase del cambio conceptual llamada *asimilación*). Pero cuando los conceptos preexistentes en los estudiantes son inadecuados para permitirles captar los fenómenos satisfactoriamente, el estudiante debe reemplazar o reorganizar sus conceptos centrales. A esta forma más radical del cambio conceptual la denominan *acomodación*

Para que se lleve a cabo la acomodación se deben dar, según estos autores, cuatro condiciones:

- debe existir insatisfacción con las concepciones existentes. Se supone que todo individuo antes de cambiar sus ideas, deberá haber experimentado el hecho de que todo un conjunto de problemas no tiene solución, lo que conduciría al hecho de perder su fe en la capacidad de sus conceptos vigentes
- una nueva concepción debe ser inteligible. El individuo debe ser capaz de darse cuenta cómo puede el nuevo concepto estructurar la experiencia
- una nueva concepción debe aparecer como verosímil inicialmente. Cualquier nuevo concepto que se adopte debe parecer que tiene la capacidad de resolver los problemas generados por sus predecesores
- un nuevo concepto debe sugerir la posibilidad de un programa de investigación fructífero. Debe ofrecer la posibilidad de extenderse, de abrir nuevas áreas de investigación.

Según Posner, Strike y Hewson (1988), las personas se resisten a realizar tales cambios hasta que se encuentran insatisfechas con sus conceptos vigentes y encuentran una alternativa inteligible y verosímil que parece fructífera para proseguir con la investigación.

Esta teoría de cambio conceptual aplicada a la enseñanza de las ciencias, implicó considerar que el fin último de la educación era cambiar las concepciones de los alumnos

y sustituirlas por las científicas. Para ello se diseñaron secuencias educativas con el fin de dirigir u orientar las respuestas de los alumnos a una serie de conflictos cognitivos, que conduzcan al abandono de sus ideas iniciales y acepten las de la ciencia que se intenta enseñarles.

Los modelos de enseñanza mediante cambio conceptual (y tal como lo describen de Posada, 2000; Pozo y Gómez Crespo, 1998, entre otros autores) parten de un punto común: las ideas previas que traen consigo los estudiantes. Así, en una etapa inicial plantean cuestiones o actividades para que exterioricen sus concepciones propiciando instancias donde puedan aplicarlas para predecir o resolver alguna cuestión. A continuación se presenta una situación conflictiva (datos, experiencia...) donde las ideas de los alumnos no resultan “útiles” para resolverla. Se les hace percibir entonces la existencia de conflictos para que puedan aceptar las concepciones científicas que el profesor va a impartir a continuación. Luego, como última instancia, se presentan situaciones donde el alumno pueda aplicar las nuevas ideas y valorar su poder explicativo.

El modelo de cambio conceptual resultó muy intuitivo, fácilmente comprensible y aparentemente bastante razonable en sus planteamientos, por lo que rápidamente se asumió, que podía constituir una herramienta valiosa para enfrentarse a las ideas previas de los estudiantes y ofrecer alternativas diferentes a las tradicionales (de Posada 2000).

Pero los trabajos de investigación realizados principalmente en la década de los 90 del siglo pasado mostraron que la estrategia de presentar a los alumnos situaciones que le planteen conflicto cognitivo no son una condición suficiente para que se produzca el cambio conceptual (Limón y Carretero 1997) Peor aún, múltiples estudios hallaron una y otra vez que los esfuerzos instruccionales resultaban prácticamente inútiles para desterrar la gran cantidad de ideas “erróneas” que poblaban la mente de los alumnos (Pozo y Rodrigo, 2001).

Pero fueron las críticas a la teoría del cambio conceptual de Posner las que constituyeron una fuente muy valiosa para el desarrollo de nuevos enfoques, más adecuados para la enseñanza de las ciencias (Duit, R, 2006). Surge así una “nueva” idea sobre la cual parece existir un consenso creciente: el aprendizaje de las ciencias no implicaría “el reemplazo de una concepción por otra en la estructura cognitiva del aprendiz” (Moreira, 2000), ni “el abandono de modalidades de pensamiento y formas de

hablar del sentido común” (Mortimer, 2001), ni “la sustitución de un tipo de representación (intuitivo) por otro (científico)” (Pozo, 1999).

Pero entonces, ¿qué significa el cambio conceptual?, ¿qué cambia durante el aprendizaje de las ciencias? ¿qué procesos o estructuras favorecen este aprendizaje?

Se han formulado múltiples “explicaciones” para intentar revelar el significado del proceso de “cambio conceptual” implicado en el aprendizaje de las ciencias. Se ha propuesto por ejemplo que el implicaría:

- *una transformación en las estructuras generales de pensamiento* (Oliva Martínez, 1999);
- *la aparición de nuevas ideas que generan nuevas formas de organización conceptual, nuevas teorías, con nuevo significado* (Benlloch y Pozo 1996);
- *un cambio profundo en las estructuras conceptuales utilizadas por los alumnos en un dominio de conocimiento, que va más allá del simple cambio de creencias, ya que incluye la adición, eliminación y reorganización de conceptos o la redefinición de la naturaleza de las jerarquías* (Thagard, 1992);
- *la coexistencia de múltiples representaciones* (lo que implica asumir que no debe cambiarse nada durante el cambio conceptual), y lo que el alumno debería aprender es a identificar y discriminar el contexto adecuado de uso (postura conocida como “de cognición situada”, descrita por Limón y Carretero, 1997);
- *un cambio en las representaciones inconexas y desintegradas que conforman la “física intuitiva” del alumno. La adquisición del conocimiento científico implicaría un cambio estructural hacia la sistematicidad y no sólo un cambio de contenido; requeriría de una integración de principios fenomenológicos en estructuras conceptuales más amplias* (Di Sessa, 1998);
- *cambios en los principios centrales que rigen la definición de las entidades y las formas de razonamiento sobre las mismas en un dado dominio, provocando el surgimiento de nuevos principios, inconmensurables con los antiguos. Estos cambios pueden consistir en diferenciaciones conceptuales, en la unificación de conceptos antes considerados como diferentes o en nuevos análisis que transforman ciertos conceptos de simples propiedades en relaciones fundamentales (lo que puede implicar cambios en la posición que los conceptos ocupan en las teorías; re-localización de conceptos en nuevas categorías*

ontológicas), lo que conllevaría modificaciones en el dominio de los fenómenos explicados y en la naturaleza de las explicaciones aceptadas (Carey 1985);

- *cambio en la teoría marco*, esto es en la teoría ingenua del mundo físico que el individuo ha construido desde su infancia “bajo” ciertas presuposiciones ontológicas y epistemológicas que difieren de las de la ciencia. Esta postura implica asumir que no se cambia repentinamente una teoría específica de dominio por otra, sino que el cambio consistiría en una reinterpretación gradual de los diferentes tipos de restricciones que van surgiendo, especialmente de aquellas que pertenecen a la teoría marco (Vosniadou, 1994). Lo que ocurriría durante el cambio conceptual según esta postura es un desarrollo de la estructura de conocimiento que permite abordar los fenómenos desde una óptica diferente a la que se abordan desde el saber intuitivo;

- *un cambio de categoría ontológica* que implica el cambio de un concepto que está asignado a una categoría ontológica que no le corresponde (fuente de origen de las ideas intuitivas) a la categoría adecuada. El cambio se referiría a un cambio de significado. Este tipo de cambio, “permite mantener intactas las ideas intuitivas” de los estudiantes pues son adecuadas para predecir los fenómenos cotidianos (Chi, 2002). Lo que ocurriría es un desarrollo de la estructura de conocimiento que permite abordar los fenómenos desde una óptica ontológicamente diferente a la que se abordan desde el saber intuitivo;

- *un cambio no sólo conceptual sino también metodológico y actitudinal*, que implica una superación de la “metodología de la superficialidad”, sobre la cual se construyen las ideas intuitivas (Carrascosa y Gil, 1985);

- *un cambio representacional, en la naturaleza y formato de las representaciones mentales*, que conlleve no sólo al crecimiento o enriquecimiento de las representaciones, incrementando el repertorio de modelos disponibles, sino ante todo un ajuste y una integración o reorganización de esas representaciones entre sí. *Un cambio en la forma de concebir los fenómenos que estudia la ciencia* y con ello en los procesos y representaciones desde los cuales abordamos los problemas y situaciones a los que nos enfrentamos (Pozo, 1999);

- *la asimilación de una nueva idea o un nuevo significado*, que implica la relación y asimilación del nuevo conocimiento a una idea ya establecida, conduciéndose a la modificación de la idea ancla (subsumidor). Modificación en

el sentido de que al culminar el proceso la idea “final” tiene residuos de sus significados originales y de los significados adicionales que fueron asimilados (Moreira y Greca; 2003). El subsumidor (una concepción) es imaginada en este modelo como una nube de significados, donde tanto los significados “aceptados” como los “no aceptados” coexisten y son conscientemente discriminados según el nivel de conocimiento que el sujeto tiene respecto a determinada temática;

- un cambio que permita la socialización de los jóvenes en los discursos y las prácticas de la comunidad científica, procesos éstos que no necesariamente conducen al abandono de las modalidades de pensamiento y formas de hablar del sentido común. El aprendizaje implicaría la *evolución de las concepciones, en relación a su “perfil conceptual”* durante el cual las nuevas ideas pasan a convivir con las ideas anteriores, las cuales son usadas según sus características y naturaleza, en los contextos para los que resulten más convenientes. (Mortimer, 2000).

Si bien más adelante nos detendremos a analizar con mayor minuciosidad algunas de las propuestas mencionadas con antelación, nuestra intención al exponerlas aquí de manera sintética, es dejar en evidencia que no parece existir todavía un consenso respecto de qué significa el cambio conceptual, de qué significa el aprendizaje de las ciencias. Así, estaríamos ante la ausencia de un marco teórico claro que integre, por un lado, los resultados empíricos y por otro, los planteamientos teóricos que han ido surgiendo para explicar algunos aspectos relacionados con los procesos de cambio conceptual. Consideramos entonces que se debería avanzar en la investigación, de modo que la misma permita esclarecer aspectos como:

- *¿qué es lo que en realidad cambia durante el proceso de cambio conceptual?*
- *¿qué tipos de procesos están implicados en el cambio?*
- *¿qué estrategias instruccionales son eficaces para favorecer el cambio o los cambios implicados?*

A estos aspectos podríamos agregar la necesidad de profundizar el estudio acerca de las características de las ideas de los estudiantes, yendo más allá del aspecto conceptual en sí mismo, de su mera descripción, intentando conocer *su modo de conocer*, su estructura interna, sus características más generales, los supuestos implícitos (epistemológicos, ontológicos y conceptuales) que a él subyacen y que

muchas veces pueden comportarse como obstáculos para la construcción de un nuevo conocimiento.

Lo dicho porque el problema de que no exista consenso respecto de qué significa aprender ciencias, quizás tenga su raíz en que tampoco existe una postura unánime respecto de qué características tiene ese *conocimiento* que los alumnos comparten antes de la instrucción formal (y que suelen seguir compartiendo aún luego de varios años de educación científica).

Entre las interpretaciones más significativas que fueron apareciendo a lo largo del tiempo, respecto de qué significa “el conocimiento previo” de los alumnos podríamos citar los siguientes:

- Para el conductismo, una preconcepción responde a algo que fue incorrectamente aprendido ya sea en forma espontánea o bien debido a un error en el aprendizaje formal. Pero esencialmente las preconcepciones se consideran irrelevantes: si se refuerzan, permanecerán y si no se extinguirán (Criscoulo, 1987).
- Desde la teoría de Piaget, las concepciones ingenuas o preconcepciones aparecen porque el sujeto no posee (todavía) las estructuras cognoscitivas necesarias para la asimilación de ciertos elementos, los cuales son deformados para posibilitar su asimilación a los esquemas existentes.
- Para Posner, Strike y Hewson (1988), son errores conceptuales que deberán ser cambiados por los científicamente aceptados.
- Para Ausubel, Novak y Hanesian (1978), son el punto inicial de todo proceso de aprendizaje significativo, que actuarán como subsumidor para la construcción de un nuevo conocimiento con un nuevo significado. Según Moreira y Greco (2003) las concepciones previas han sido aprendidas significativamente, por lo que siempre estarán presentes en la mente del aprendiz por lo menos de manera residual
- Para Driver (1989) las ideas de los niños representan modelos coherentes y estables acerca de los fenómenos y responden a intentos racionales de explicar las experiencias física. Son construcciones personales que influyen sobre la forma en la cual la nueva información es adquirida. Estos esquemas (que no son simples construcciones ad hoc) son persistentes y no se modifican fácilmente con la enseñanza tradicional. Estas concepciones son limitadas en su generalidad

y tienden a estar relacionadas con contextos específicos. Situaciones que pueden ser “vistas” como similares desde un punto de vista científico pueden ser interpretadas por los niños utilizando nociones diferentes.

- Para di Sessa (1998) la “física intuitiva” consistiría en un conjunto amplio de ideas fragmentarias y aisladas, más que en un número reducido de pequeñas estructuras integradas a las que podría denominarse “teorías”. Muchas de estas ideas fragmentarias, serían simples abstracciones de experiencias comunes, primitivas, que generalmente no necesitan explicación. Las ideas de los alumnos entonces constituirían un conocimiento fragmentario carente de coherencia y consistencia y desde luego, lejano de la sistematicidad que posee una teoría. Se considera que la escasa coherencia inicial del saber ingenuo deriva del déficit metacognitivo de los niños y de los niveles de comprensión inadecuados.
- Para Vosniadou (1994) en cambio, el conocimiento conceptual de los niños no es fragmentario y desconectado, sino que los niños son capaces de integrar la información que reciben mediante su experiencia o procedente de los adultos, en modelos mentales coherentes que utilizan de manera consistente. Este modelo ingenuo es construido tempranamente desde la infancia y está constituido por ciertas presuposiciones ontológicas y epistemológicas fundamentales. Así sus concepciones serían representaciones más o menos complejas, coherentes e integradas que forman parte de una teoría, que a pesar de ser incorrectas desde el punto de vista científico, tienen cierto poder explicativo y predictivo.
- Carretero y Limón (1997) consideran que las posturas de di Sessa y Vosniadou no son necesariamente incompatibles. Proponen que es posible que respecto a algunos conceptos, probablemente los más alejados de su conocimiento y de su experiencia, los alumnos tengan representaciones difusas y poco coherentes, mientras que respecto a otros, sobre los que tienen más conocimientos a partir de su experiencia y a través de la escuela, puedan ser capaces de elaborar representaciones más complejas, integradas y coherentes. Éstas serían más difíciles de modificar que aquellas que forman parte de una representación difusa.
- Para Chi (2002) el conocimiento puede ser representado como un conjunto de proposiciones interrelacionadas, también llamados modelos mentales. Para esta autora, existen modelos mentales incoherentes o fragmentados, concebidos a

partir de proposiciones que no se encuentran interconectadas. También hay modelos coherentes pero defectuosos. Éstos son aquellos modelos cuya estructura coherente es organizada alrededor de un conjunto de creencias o principios ontológicos que son incorrectos. Los modelos incompletos tienen muchas piezas faltantes y los defectuosos están compuestos de muchas creencias correctas, incorrectas y creencias alternativas. Las representaciones mentales pueden usarse para generar explicaciones, hacer predicciones y resolver preguntas de una manera consistente y sistemática.

Históricamente entonces, también fue cambiando la concepción que se ha tenido sobre el modo de conocer los estudiantes. Y si bien el análisis anterior parece mostrar que todavía no habría consenso acerca de la naturaleza del conocimiento intuitivo, los resultados de las investigaciones que se vienen realizando desde la década de 1970 permiten reconocer una serie de características generales que presentarían las concepciones que comparten los estudiantes previo a la enseñanza formal. En forma general se las describe (Delval, 2004; Domínguez Castiñeira, 2001; de Posada 2000, Limón y Carretero, 1997; Pesa y Cudmani 1998; Pozo y Gómez Crespo, 1989, entre otros autores) como *espontáneas*, en tanto su construcción no requiere de una intención educativa ya que se construyen por el contacto con el mundo exterior; *son construcciones personales; específicas para cada dominio de conocimiento; implícitas* en tanto no suele ser conciente el individuo de ellas y frecuentemente no puede verbalizarlas; *de limitado grado de abstracción y restringidas a lo observable; que admiten cierto nivel de inconsistencia y contradicciones*, así el individuo ante problemas similares elabora explicaciones contradictorias pero pueden también formar parte de un modelo mental explicativo con cierta capacidad de predicción; *con limitada generalidad y alto pragmatismo*, en tanto resultan útiles para predecir y controlar los acontecimientos a los que el individuo cotidianamente se enfrenta; *incompletas*, en tanto no abarcan todos los aspectos de las situaciones, presentan lagunas, fenómenos inexplicados, situaciones que los sujetos no se han planteado nunca y que no están cubiertas en sus modelos; *suelen describir aspectos patentes* o fácilmente observables de la realidad, es decir salvan las apariencias y dan cuenta de lo más obvio de los fenómenos pero no suelen ser capaces de profundizar en la esencia de los mismos; con frecuencia son *muy simples* y por ello se quedan en las apariencias; tienen una relación con *el nivel cognitivo del sujeto*, lo que explica que las representaciones son semejantes en individuos de la misma edad; suelen ser análogas a ideas que surgieron *a lo largo de*

la historia de la humanidad; resultan resistentes al cambio. La robustez y resistividad que presentan, se deberían, según Pozo y Rodrigo (2001) a que: forman conjuntos de ideas coherentes que se construyen a partir de experiencias cotidianas en el mundo físico y social; se encuentran eficaces para interpretar, predecir y tomar decisiones en dichos mundos; son el fruto de procesos y estrategias mentales que responden a las necesidades constructivas de los escenarios cotidianos; son teorías implícitas que cumplen un papel importante en la vida cotidiana antes y después de la escolaridad al dar sentido al mundo que nos rodea.

Pero para entender cómo aprenden los estudiantes, cuales son los procesos de cambios que se ponen en juego y en consecuencia, cuáles son las estrategias didácticas que lo potenciarían y favorecerían no basta con conocer estas características generales, sino que es menester profundizar sobre su naturaleza, sobre su origen, cuestionarnos acerca de la manera en que se construyen, el objetivo para el cual se construyen, la naturaleza de los procesos cognitivos implicados. De esta manera, conociendo sus “orígenes”, su naturaleza, probablemente tendríamos mayores posibilidades de entender sus posibles cambios.

3. EL CONOCIMIENTO INTUITIVO Y EL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO: NATURALEZA Y CARACTERÍSTICAS.

Desde pequeños, desde los primeros contactos que tenemos con el mundo y al interrogarnos permanentemente sobre su comportamiento, los individuos comenzamos a construir un conocimiento que nos permitirá actuar en él. Paulatinamente construimos respuestas a las preguntas planteadas generando un sistema explicativo y predictivo dentro de los límites de la necesidad cotidiana. Dichas ideas, a su vez, se construyen con poco esfuerzo aparente y normalmente sin una conciencia deliberada (Pozo, 2001).

Según Hogarth (2002), dos son las fuentes de las que los humanos nos servimos para construir nuestras ideas intuitivas: lo que otras personas nos cuentan y nuestras propias experiencias. Así aprendemos *contenidos*, esto es los conocimientos acerca del mundo (incluidos los hechos, las ideas sobre cómo se relacionan o asocian las diferentes variables) y *reglas*, que representan los conocimientos sobre cómo hacer las cosas. El mismo autor rescata como hecho más relevante del aprendizaje a partir de la experiencia, que las personas aprendemos esos contenidos y reglas por lo que

experimentamos y no por lo que *no* experimentamos. Esto es, el proceso de la mayoría de los aprendizajes tiene en cuenta sólo lo que se observa.

En este proceso, entonces, construimos representaciones basadas principalmente en los datos que nuestros sentidos nos proporcionan o los cambios que en nuestro organismo se producen cuando interaccionamos con el entorno. La mente humana, por lo tanto, construye un mundo representacional, imponiendo restricciones (Pozo 2001) que condicionan los procesos de construcción de las distintas representaciones y su contenido.

Distintos autores (Hogarth, 2002; Karmiloff – Smith, 1992; Pozo, 2001; Simón, Triana y Camacho, 2001, por ejemplo) proponen que las representaciones mentales pueden tener naturaleza implícita o explícita. Las primeras suelen ser fruto de procesos de aprendizaje implícito, al construirse inadvertidamente debido a la exposición masiva a situaciones, comportamientos e ideas, que perciben las personas en su entorno. Estos esquemas de conocimiento se producen ajenos a la conciencia y son utilizados por el sistema cognitivo para crear bases de conocimiento de dominio y solucionar problemas o tomar decisiones. Las representaciones explícitas presentan naturaleza simbólica y abstracta, están relacionadas entre sí por criterios semánticos o de significado. A su vez, y a diferencia de las implícitas, las recuperaciones de estas representaciones no es gobernada sólo por principios asociativos de semejanza y frecuencia ni por la dependencia del contexto inmediato, sino que posibilitan realizar abstracciones o descontextualizaciones de forma que dichas representaciones puedan generalizarse o transferirse a nuevas situaciones, conectándose con otras representaciones explícitas.

Pero son las representaciones implícitas, las que guían inadvertidamente nuestro accionar e interpretación del mundo (Pozo, 2001). El aprendizaje de estas concepciones, como decíamos, se beneficia de lo que experimentamos o vemos, pero el inconveniente esencial es que no es posible aprender de lo que no se ve y el aprendizaje válido muchas veces exige saber cosas que no podemos ver. Esto puede conducir a que el individuo quede “atrapado” en una conducta “de aprendizaje” que no sea la óptima (Hogarth, 2002). En tal sentido, cada vez que nos enfrentamos a un suceso nuevo, o moderadamente discrepante de nuestras expectativas, iniciamos una búsqueda causal, generalmente de naturaleza implícita o automática, con el fin de encontrar información que nos permita predecir y controlar ese hecho. Cuando esto sucede, cuando un objeto no se comporta de acuerdo con nuestras representaciones, solemos recurrir a reglas

simplificadoras que ayudan a identificar las "causas" más probables y frecuentes, reduciendo la complejidad del mundo sensorial a unos pocos elementos destacados, eliminando el ruido de tantos otros factores irrelevantes (Pozo y Gómez Crespo, 1998). El conocimiento de sentido común está basado, entonces, en reglas asociativas de semejanza y contigüidad (Pesa, Cudmani y Bravo, 1996; Pozo, 2007; Pozo y Gómez Crespo, 1998;)

Este conocimiento cotidiano elaborado a través de la interacción con el medio físico y social se "ocupa" de hechos aislados y no avanza muy lejos en el trabajo de explicarlos o correlacionarlos con otros hechos (Carrascosa y Gil, 1985). En tal sentido, las ideas intuitivas estarían más ligadas al contexto, serían más locales y constituirían un conocimiento más situado, aquí y ahora, de forma que su transferencia a nuevas situaciones y problemas resultaría dificultoso (Pozo y Gómez Crespo, 1998). Además, una vez detectada una relación entre variables que ha satisfecho algún accionar o predicción, las personas son reacias a cambiar su conducta y a buscar otras estrategias probablemente más efectivas, lo que suele conducir a que pierdan la oportunidad de realizar otros aprendizajes (Hogarth, 2002).

Esta manera de aprender de la experiencia, como consecuencia de la interacción cotidiana con el mundo físico y social, conlleva a que las estructuras de conocimiento que construimos difieran esencialmente de las científicas.

En efecto, el conocimiento científico se caracteriza en términos generales, por: *ser operativo*, y con ello construir modelos que permitan estudiar los sistemas físicos naturales; *trascender la observación natural*; *requerir la contrastación y covalidación de hipótesis*, *estar ligado a principios racionales y teóricos*; *presentar coherencia interna y sistematicidad*; *ser un conocimiento ordenado y sistemático que permite reducir los fenómenos particulares a grandes principios y hacer predicciones*; *estar destinado a ser transmitido y compartido, y con ello ser público y explícito*; *tener control social*, *ser construidos intencionalmente, con objetivos precisos, metodología compartida y acordada en el seno de una comunidad lo que potencia su objetivización*; (Delval, 2004; Pesa 1997)

El conocimiento científico es una construcción social compleja y laboriosa, contraria a la mayor parte de los supuestos y creencias que los seres humanos tenemos sobre el mundo (Pozo, 2007)

Vosniadou (1994), propone que las diferencias entre el saber intuitivo y el científico, radican en los diferentes *supuestos epistemológicos* que subyacen a estas maneras de interpretar el mundo. Las concepciones alternativas son para esta autora, intentos de los sujetos para interpretar la información desde la perspectiva de una teoría marco que contiene, frecuentemente, información contradictoria para el punto de vista científico. Así, a la hora de generar representaciones específicas para predecir o explicar cualquier fenómeno cotidiano, nuestro conocimiento intuitivo asume de forma implícita ciertos principios sobre la naturaleza de la realidad. Así por ejemplo asume que la realidad existe, que hay un objeto real ahí fuera que es por ejemplo una flor y tiene propiedades, es roja, perfumada, liviana... tendemos entonces a atribuir a la realidad propiedades y atributos que no son sino el producto de nuestra interacción cognitiva, de nuestra construcción mental de esa realidad (Pozo y Gómez Crespo, 1998).

Desde esta perspectiva, al interpretar la realidad, se tiende a asumir, de forma implícita, que el mundo es tal como aparece ante nuestros sentidos: “es como lo vemos” y “lo que no vemos, no existe o al menos resulta muy difícil de concebir” (Pozo, 2007). En tal sentido, y según Bachelard (1985) los datos sensoriales claros y netos nos inducen a pensar que “se conoce los objetos tal y como son”. Este conocimiento, resulta caracterizados por principios epistemológicos que implican un realismo ingenuo (Pozo, 2001), una fe realista (Vosniadou, 1994). Así, desde el saber cotidiano, se asumiría una “transparencia representacional” (Mortimer, 2000) según la cual las representaciones deben revelar o transparentar con claridad el mundo tal cual es.

Esta tendencia realista resulta bastante dominante y difícil de superar incluso en el ámbito científico en el que, como dijimos, durante mucho tiempo ha dominado una concepción positivista entre los propios científicos, según la cual la función de la ciencia era descubrir la estructura y el funcionamiento de la naturaleza, en vez de construir modelos para interpretarla. Hoy, en cambio, se asume que la ciencia involucra una compleja construcción del conocimiento cuyos principios epistemológicos implican concebir ese conocimiento como un conjunto de modelos y múltiples representaciones explícitas que requieren ser gestionadas y utilizadas en función de la naturaleza del fenómeno, contexto o problema a resolver. En tal sentido, desde la epistemología contemporánea se propone que los modelos y teorías científicos son una construcción social, que no son la realidad misma, sino una manera más de interpretar el mundo, una forma de hablar o contar las cosas que suceden (Pozo y Gómez Crespo, 1998). El

modelo sería una representación provisoria, perfectible e idealizada de un fenómeno físico o sistema; un cierto sistema real se concibe como plausible de ser representado por más de un modelo. La preferencia por uno de ellos estaría determinada por factores tales como los propósitos del estudio, el problema a resolver, las condiciones de precisión exigidas y por las condiciones de su realización (Islas y Pesa, 2002).

El conocimiento intuitivo, en cambio, asume de forma implícita que el mundo “es como lo vemos”. Superar esta “transparencia representacional”, no solo implicará asumir que las representaciones no son la realidad misma, sino también que existen maneras alternativas de interpretar y explicar los fenómenos que suceden. Esta diferencia entre la manera de percibir y conocer el mundo se convierte en un obstáculo epistemológico a la hora de aprender y enseñar ciencias (Pesa, 1997). Así, y en palabras de Lopes (1993) “*la racionalidad del conocimiento científico no es un refinamiento de la racionalidad del sentido común, sino por el contrario, rompe con sus principios y exige un nuevo razonamiento que se construye en la medida que sean superados los obstáculos epistemológicos*”, lo que a su vez, y según Bachelard (1985), “*implica superar un conocimiento cerrado y estático y alcanzar uno abierto y dinámico*”. El aprendizaje de las ciencia implicaría el progreso desde un planteamiento realista del conocimiento, que considera a éste como una copia directa de la realidad, hasta uno perspectivista, que concibe el conocimiento como fruto de una construcción subjetiva y plural de la realidad (Correa y Rodrigo, 2001)

Pero el conocimiento intuitivo se diferencia también del científico por los principios ontológicos que subyacen a cada forma de conocer. Chi (2002) propone que las personas clasificamos todos los objetos del mundo en un número limitado de categorías ontológicas, a las que atribuimos unas propiedades determinadas.

Según esta autora (Op. Cit) al organizar ontológicamente el mundo, en la parte más alta de nuestra jerarquía habría tres categorías fundamentales, entre las que se hallan las denominadas *materia* y *procesos*. Si consideramos que algo es materia le atribuimos ciertos atributos que les serían propios (como ocupar un lugar en el espacio, tener masa, ser contenible o poder contener, ser empujable, por ejemplo), le atribuimos una naturaleza ontológica objetiva y suponemos que se trata de un objeto existente en el mundo. Interpretar algo como proceso, en tanto, implica concebirlo como un hecho o un suceso, que sucede en el tiempo, que puede tener diferente naturaleza, que involucra un

sistema de componentes interactuantes y/o que es el efecto combinado de muchos otros procesos más pequeños que ocurren en el sistema.

El uso de estas categorías ontológicas resulta eficaz para interpretar el mundo y realizar predicciones sobre él, ya que permite atribuir y predecir muchas propiedades a objetos o situaciones nuevas a partir de su categorización en entidades conocidas. Pero desde el saber intuitivo y desde el conocimiento científico, a los distintos conceptos se los suele agrupar en categorías ontológicas diferentes. Desde el conocimiento intuitivo se tiende a interpretar los fenómenos en términos de estados de la materia desconectados entre sí. Así se tiende a aceptar por ejemplo que conceptos como “peso, movimiento, color, fuerza, energía” son entidades materiales y se los tiende a sustancializar de forma que se les atribuyen las propiedades de la materia (Mortimer; 2000, Viento; 2002). Esto implica que, en términos de Chi (2002), se agrupe a los fenómenos bajo la categoría ontológica de *materia* y por ende se les atribuya las características y comportamientos que se le ha atribuido a los objetos materiales ordinarios.

Desde el conocimiento científico, en cambio, a los fenómenos no se los concibe en términos de estados, sino como una sucesión o desencadenamiento de hechos, interpretándose los a partir de sistemas que abarcan conjuntos de relaciones complejas (Pozo y Gómez Crespo, 1998). En consonancia con esta idea, la mayoría de los conceptos científicos pertenecerían dentro de la categoría ontológica *procesos*, a subcategoría que Chi llama de “interacciones basadas en ligaduras” (Chi 2002).

La complejidad del aprendizaje estaría justamente asociado con que la mayor parte de los conceptos científicos requieren ser entendidos no como propiedades estáticas sino como procesos de interacción (Chi, 2002; Pozo, 2001).

Frecuentemente, los obstáculos ontológicos y epistemológicos se traducen en obstáculos conceptuales (Bachelard, 1985). La forma en que están estructurados los conceptos en las teorías científicas y cotidianas, hacen que estos sean esencialmente diferentes. Una de las diferencias en este último sentido entre el pensamiento intuitivo y el científico está relacionada con que desde el primero los fenómenos y hechos se describen en función de propiedades y cambios observables, tendiéndose a centrarse en los cambios más que en los estados. Se tiende a recurrir a un esquema causal muy simple para explicar los acontecimientos, según el cual la relación entre la causa y el efecto es lineal y en un solo sentido (Pozo y Gómez Crespo, 1998). Desde el saber

científico, en tanto, las propiedades de los cuerpos y los fenómenos se interpretan como un sistema de relaciones de interacción (Pozo, 2001). El aprendizaje de las conceptualizaciones científicas implicaría entonces un cambio profundo en las estructuras conceptuales utilizadas por los alumnos en un dominio de conocimiento, desde las relaciones lineales y unidireccionales hasta las relaciones sistémicas y recíprocas (Thagard 1992).

En la tabla 1.1 se resumen las principales diferencias entre el saber intuitivo y el saber de las ciencias, en relación a los principios ontológicos, epistemológicos y conceptuales subyacentes.

PRINCIPIOS	IDEAS INTUITIVAS	IDEAS CIENTÍFICAS
Ontológico	<u>Estado:</u> Interpretación del mundo en estados de la materia desconectados entre sí	<u>Sistema:</u> Los fenómenos se interpretan a partir del conjunto de relaciones complejas que forman parte de un sistema
Epistemológico	<u>Realismo ingenuo:</u> La realidad es tal como la vemos, lo que no se percibe no se concibe	<u>Constructivismo:</u> El conocimiento científico es una construcción que nos proporciona modelos alternativo para interpretar la realidad pero no son la realidad misma
Conceptual	<u>Hecho o dato:</u> Los fenómenos y hechos se describen en función de propiedades y cambios observables	<u>Interacción:</u> Las propiedades de los cuerpos y los fenómenos se interpretan como un sistema de relaciones de interacción

Tabla 1.1: Características ontológicas, epistemológicas y conceptuales del conocimiento intuitivo y del conocimiento científico. (Extraído y adaptado de Pozo y Gomez Crespo, 1998; Pozo, 2001)

Ahora bien, las diferencia que subyacen a cada forma de *conocer*, se manifiestan como distintos modos de razonamiento que se activan a la hora de resolver una situación problemática y elaborar una explicación, en un contexto cotidiano o uno científico.

La construcción de los conceptos científicos como actividad cognitiva conlleva formas de razonar y representar el mundo que le son características (del Carmen, 1997). En tal sentido se emplean a la hora de resolver problemas, destrezas como: generación de hipótesis, identificación y combinación de variables, construcción, elaboración y utilización coherente y conciente de modelos, recolección y transformación de datos, elaboración de conclusiones, entre otras. A su vez, la mayor parte de las teorías

científicas requiere entender las situaciones como una interacción donde intervienen múltiples variables y complejos procesos que se producen entre ellos, por lo que los modos de razonar activados son multivariados y sistémicos.

Respecto al conocimiento intuitivo en tanto, pueden identificarse una serie de reglas heurísticas que ayudan a los individuos en la resolución de problemas cotidianos. En tal sentido, Pesa y Cudmani (1998) en sus trabajos de investigación detectaron que algunas de ellas serían: *tendencia a explicar los cambios y no los estados; tendencia a aceptar que “lo que no se percibe no se concibe”; pensamiento egocéntrico; recurso de accesibilidad, lo que significa que se tiende a atribuir a un dado efecto la causa que resulta más accesible a la memoria (por ser la información más reciente o porque a partir de ella el individuo ha podido dar explicaciones exitosas con alta frecuencia); tendencia a atribuir causalidad a hechos simultáneos.*

Las mismas autoras proponen que estas reglas generan modos de razonamiento espontáneos que se diferencian de los modos de razonar de las ciencias. En tal sentido han encontrado que los más significativos serían:

- *Razonamiento monoconceptual:* en tanto los individuos simplifican acríticamente las situaciones problemáticas complejas y multivariadas, suponiendo a priori, que las respuestas dependen de una sola variable. Hogarth (2002) propone justamente que nuestra comprensión intuitiva es demasiado simplista, y que tendemos a basar nuestros juicios en el análisis de una sola variable por vez.
- *Razonamiento secuencial lineal:* en tanto la tendencia es a la reducción funcional, ignorando los aspectos sistemáticos de los problemas, lo que genera en los individuos razonamientos de causalidad lineal. El razonamiento cotidiano, al contrario del científico, establece una sucesión lineal de relaciones de causa y efecto en la que cada uno de estos términos está asociado a una sola magnitud (Viennot 2002, Pozo y Gómez Crespo 1998).
- *Razonamiento inconsistente,* que implica el uso de dos o más significados diferentes para un mismo concepto sin ser conscientes de ello.

Estos razonamientos pueden conducir a serias incomprensiones del conocimiento científico involucrado en la situación analizada, tal como lo ponen en evidencia autores como Salinas y Sandoval (1996). Al respecto concluyen que desde el saber cotidiano, se simplifican sin criterio los problemas suponiendo a priori y sin control que la respuesta

depende de una sola variables, no se consideran efectos mutuos entre distintos elementos presentes en la situación, reduciendo el análisis a cambios locales o a deducciones directas, haciendo uso de un razonamiento no sistemático. A su vez, se atiende más a las propiedades que a las funciones de los elementos en juego en la situación analizada, sean éstos conceptuales o fáctico (razonamiento reduccionista). Estos modos espontáneos de razonar que resultan incompatibles con los del conocimiento científico interfieren negativamente en la construcción de ideas coherentes con las propuestas por él. Coincidiendo con Saura y de Pro Bueno (2000) el conocimiento de los esquemas de razonamiento que utilizan los alumnos desde su pensar intuitivo constituye un punto de partida más al que atender al momento de diseñar propuesta didácticas tendientes a potenciar el aprendizaje de las ciencias.

A modo de síntesis en la Fig. 1.2 se representan las características del conocimiento científico y el conocimiento cotidiano.

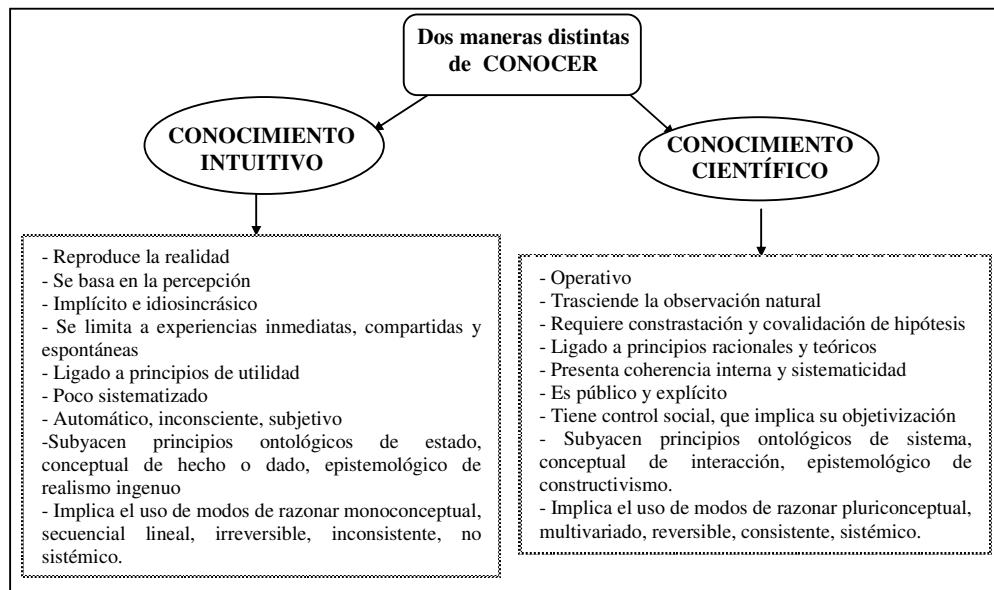


Figura 1.2. Características del conocimiento científico y cotidiano

Hasta aquí hemos analizado y descrito las características que subyacen y diferencian al saber intuitivo del saber de las ciencias. En base a ello, en el siguiente punto, intentaremos interpretar y definir qué significa aprender ciencias...

4. DESDE EL CONOCIMIENTO INTUITIVO HACIA EL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO EN EL APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS.

El análisis realizado en el punto anterior nos permite vislumbrar que aprender ciencias estaría relacionado con entrar e un mundo ontológica, epistemológica y conceptualmente distinto al mundo intuitivo o cotidiano.

El aprendizaje de conceptos científicos implicaría entonces:

- *Superar el realismo ingenuo, para llegar a relacionar las ideas intuitivas con las científicas, reconociéndolas como distintas maneras de interpretar el mundo que nos rodea, en base a las cuales se pueden elaborar explicaciones con distintos niveles de complejidad y validez contextual.*

El paso de este modo de interpretar el mundo hacia otro más perspectivista implica un complejo cambio, ya que requiere una revisión gradual de los supuestos epistemológicos subyacentes al saber intuitivo y una reinterpretación de la experiencia previa (Vosniadou, Brewer, 1994).

Pozo y Gómez Crespo (1998) proponen que este cambio sería gradual y paulatino, en tanto, la concepción realista evolucionaría, en primera instancia, hacia una postura epistemológica que llaman “realismo interpretativo”, según la cual, aunque la meta del aprendizaje sigue siendo el de copiar la estructura del mundo al conocimiento se lo reconoce como un reflejo inexacto o sesgado de la estructura del mundo y no una copia fiel del mismo. Desde esta concepción se asume que el mundo es de una forma determinada y si bien es difícil saber exactamente como es, el conocimiento científico logra tener mayor éxito, exactitud y veracidad al respecto que el cotidiano. Este sería un modo de conocer “intermedio” entre el saber intuitivo y el de la ciencia, que con la instrucción y el tiempo podría desencadenar en la construcción de una noción más perspectivista que implique asumir que *conocer* conlleva elaborar y utilizar modelos alternativos para interpretar el mundo que nos rodea. Desde esta última postura, al saber intuitivo y científico se los interpreta como modos alternativos de conocer, los cuales tienen sus ventajas y desventajas (simplicidad y pragmatismo en algunas acciones, como características más relevantes del saber intuitivo vs. el poder explicativo, coherencia y consistencia del modo de conocer de la ciencia)

- *Superar las restricciones ontológicas impuestas por las ideas intuitivas y apropiarse de los principios implicados en la construcción del conocimiento científico.*

El principal problema de los procesos de aprendizaje que requieren cambio de categorías ontológicas, se debe a la dificultad de re-interpretar los fenómenos en términos de procesos de interacción, ya que va en “contra” de la tendencia intuitiva a interpretarlos dentro de relaciones causales lineales y unidireccionales (Chi, 2002; Cudmani y Pesa, 1996; Pozo y Gómez Crespo, 1998; Villani y Pacca, 1990; Viennot, 2002).

Chi (2002) propone en estos casos (donde el cambio involucrado es uno de tipo radical) que el aprendizaje no consiste en “implantar la proposición entrante dentro de un modelo mental existente” sino en una revisión profunda de una creencia incorrecta. Esto implica un cambio en la estructura de una representación mental que conlleve a pasar de concebir los fenómenos en términos de estados a interpretarlos en términos de complejas interacciones

Dada la complejidad de la transición mencionada ésta también sería gradual y paulatina. Así un primer cambio ontológico implicaría dejar de concebir los fenómenos en términos de estados para concebirlos como procesos (Pozo y Gomez Crespo, 1998). Este sería un cambio ontológico importante para el aprendizaje de la ciencia, ya que supone comenzar a establecer relaciones entre los conceptos. El concebir los fenómenos en términos de procesos sería un estado “intermedio” entre el saber intuitivo y el de la ciencia, más que óptimo para a partir de él, seguir complejizando el modo de conocer compartido. Así, a partir de la incorporación de nuevas relaciones entre variables en las explicaciones que se elaboren sobre un fenómeno, se podrá producir un segundo cambio ontológico que implique dejar de interpretar los fenómenos en término de proceso para llegar comprenderlos en términos de sistemas, de manera coherente con lo que propone la ciencia.

- *Superar las restricciones conceptuales impuestas por las ideas construidas intuitivamente y apropiarse paulatinamente de los principios implicados en la construcción del conocimiento científico, lo que supone superar el principio de “hecho o dato”, para tender a aceptar la interacción como forma de interpretar los fenómenos.*

Nuevamente esta compleja transición implicaría un cambio paulatino en la manera de conocer. Así, en concordancia con lo propuesto por Pozo y Gómez Crespo (1998), de aceptar los distintos fenómenos como hechos o datos (algo que como máximo da lugar a una explicación tautológica) se pasaría a explicarlos en función de ciertos

procesos de causalidad lineal, basados en esquemas simples y unidireccionales. Estos análisis causales lineales podrían ir cobrando complejidad a medida que se incorporen o se sumen más factores causales, pasando de una causalidad simple a una causalidad múltiple, en la que la acción de varias causas se suma. Esto para finalmente, llegar a comprender e interpretar los fenómenos en términos de relaciones de interacción (uno de los esquemas conceptuales sobre los que se asienta el conocimiento científico) dentro de un determinado sistema.

Pero el aprendizaje de las ciencias no implica *solo* un cambio ontológico, epistemológico y conceptual, sino que implica también el desarrollo de la habilidad que le permita al sujeto discriminar entre diferentes niveles representacionales (sus iniciales ideas intuitivas y las de la ciencia que ha construido) y decidir cuáles utilizar al momento de enfrentarse a una situación problemática. Esto porque desde las más actuales corrientes psicológicas se concibe que, cuando un aprendizaje se lleva a cabo, las representaciones originales (representaciones éstas *implícitas*, de naturaleza esencialmente procedimental y directamente vinculadas al cuerpo), siguen intactas en la mente del sujeto, que puede recurrir a ellas para determinadas finalidades cognitivas que requieren velocidad y automaticidad (Karmiloff – Smith; 1992). Así, la mente dispondría de representaciones de distintas naturaleza (implícitas, simbólicas y explícitas, que pueden ser accesibles a la conciencia pero no verbalizables o accesibles a la conciencia y verbalizables) incluso para un mismo objeto o contenido y se podrán activar representaciones distintas en función de la demanda (Karmiloff – Smith; 1992; Pozo, 2001) Por lo tanto, aunque los conocimientos científicos (de naturaleza explícita) construidos durante el aprendizaje, tengan mayor capacidad de transferencia a nuevos contextos, los conocimientos intuitivos implícitos seguirán teniendo una función cognitiva sobre todo ante situaciones sobre-aprendidas, por que funcionalidad pragmática.

Aprender ciencias, convertirse en un individuo científicamente culto, implicará entonces también:

- *Adquirir la habilidad cognitiva para discriminar entre distintas representaciones a utilizar en función de la demanda del problema y el contexto implicado.* En tal sentido, aprender ciencias no conlleva sólo la coexistencia de diversas representaciones o la mera suma de representaciones alternativas, sino que también implica desarrollar la habilidad de gestionarlas o controlarlas

cognitivamente (Hogarth, 2002; Pozo, 2001). Así, las ideas intuitivas podrán coexistir con las de la ciencia, pero siendo el sujeto consciente de sus contextos de uso.

- *Hacer uso consciente, consistente y coherente de las representaciones conceptuales para elaborar explicaciones y predicciones.*

Aprender a usar coherente y consistentemente las “nuevas” ideas, para elaborar explicaciones fundamentadas, sería una habilidad más que caracteriza una formación científica integral.

El aprendizaje de las ciencias implica un proceso complejo, gradual y paulatino, que conlleva la modificación de un modo de conocer, de una manera de ver el mundo... Las dimensiones de cambio involucradas en dicho proceso de aprendizaje se representan sintéticamente en la figura 1.3.

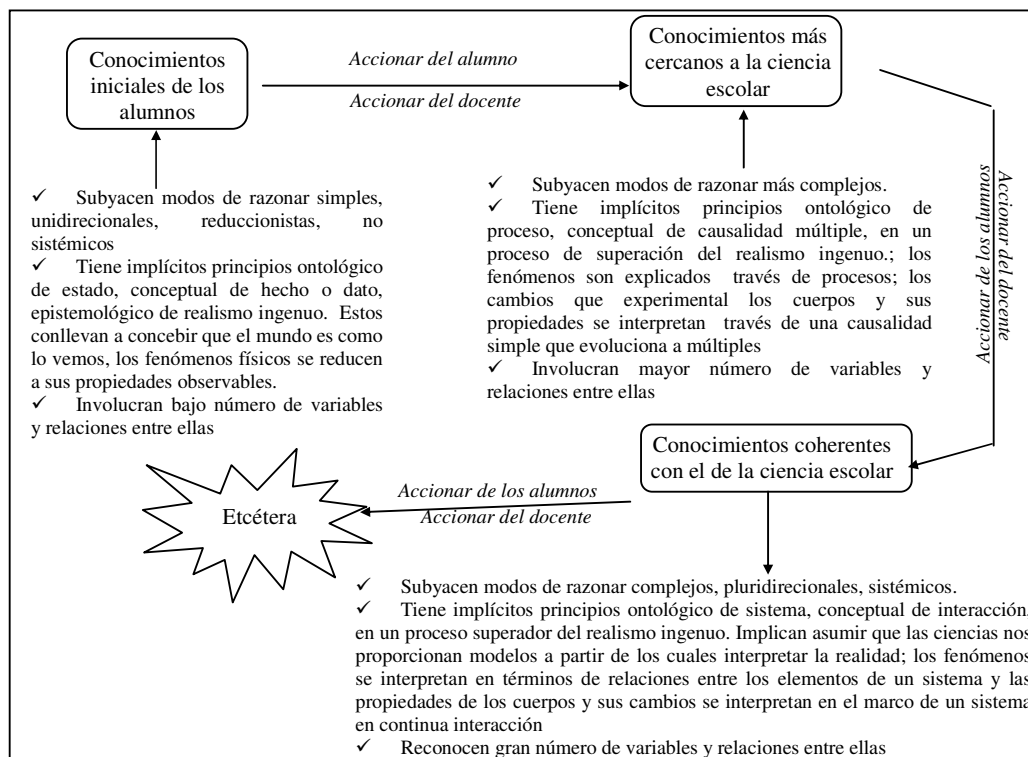


Figura 1.4: Evolución de los modos de conocer mediante la instrucción

El aprendizaje entonces no se basaría tanto en la sustitución de una representación por otra, ni sólo en la multiplicación de las representaciones que el sujeto dispone para un dominio dado, sino en un cambio referente a los principios epistemológicos, ontológicos y conceptuales que subyacen en la construcción del pensamiento cotidiano. Y estos cambios, deben concebirse como una vía o secuencia de construcción de complejidad progresiva que, no tiene por qué suponer el abandono de las entidades ontológicas, epistemológicas y conceptuales más simples, sino más bien su reinterpretación o integración en otras más completas (Pozo y Gómez Crespo, 1998) o en términos de Karmiloff – Shmith (1992) su redescipción en términos de concepciones de mayor complejidad.

Por todo lo expuesto, se puede asumir que un aprendizaje con las características descritas requiere comenzar a abordar los contenidos científicos desde los comienzos de la educación formal, dado que este proceso implicaría la re-construcción gradual y progresiva de complejas concepciones y la superación de obstáculos epistemológicos, ontológicos y conceptuales fuertemente arraigados.

¿Pero cómo ayudar a los alumnos, con la instrucción formal, a construir un modo de conocer coherente con el de la ciencia y tan diferente de su saber intuitivo?. En el próximo apartado intentamos comenzar a dar respuestas...

5. UNA PROPUESTA PARA LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

Cuando los alumnos concurren a la escuela traen consigo un bagaje de experiencias y la capacidad de comprender intuitivamente muchos fenómenos de la vida cotidiana (Wolfgang y Achim, 2006). Por lo general dicho conocimiento difiere sustancialmente del modo de conocer de la ciencia escolar que se pretende compartir con la instrucción, no sólo en su componente conceptual sino también en la ontológica y epistemología. Pero como ya lo hemos analizado, la meta de la instrucción no debe ser intentar reemplazar el saber “genuino” por el saber científico (Vosniadou, 2006) sino que debería propiciar la profundización y enriquecimiento del modo de conocer de los alumnos, lo que implicaría no sólo la integración de nueva información sino también la construcción de nuevos modelos y perspectivas, que puedan ser reconocidas por los estudiantes como maneras alternativas a la suya de conocer.

Como propone Pozo (2007), con la enseñanza de las ciencias, habría que “*ayudar a los alumnos a construir modelos y teorías cada vez más próximos al conocimiento académico o científico, que tendrían el valor añadido de explicar lo que los conocimientos intuitivos muchas veces sólo logran predecir: cómo está organizado el mundo que nos rodea*”. Se trataría entonces de que, sin abandonar necesariamente las ideas con las que llegan a la escuela, “*los alumnos construyeran un conocimiento formalizado en el cual integrarlas*”.

Una de las metas esenciales de la educación científica, entonces, debería ser favorecer las relaciones entre las formas de conocimiento cotidiano y científico atendiendo a la complejidad que implica la construcción de las ideas de las ciencias. Para ello, resulta indispensable que los alumnos sean concientes de sus propias concepciones, del modo de conocer que comparten y utilizan a diario para resolver los distintos problemas cotidianos a los que se enfrenta.

Por ello, el proceso de enseñanza debe favorecer en una primera instancia, la explicitación y clarificación de las concepciones de los estudiantes. Este momento es crucial para ayudar a los alumnos a reconocer qué saben, qué piensan, cómo explican el fenómeno cuyo estudio se comienza a abordar (Bruning, Schraw y Ronning, 2002; Bravo, Pesa y Colombo, 2001) para que luego puedan llegar a analizar y reflexionar acerca de cómo conocen, cuáles son las características primordiales de sus modos de conocer relacionadas, por ejemplo, con su origen intuitivo y cotidiano, su pragmatismo, su poder explicativo, los contextos de uso donde las concepciones intuitivas resultarían

“útiles” y aquellos en los cuales sus ideas no permitirían la predicción, explicación y/o resolución de una situación problemática.

A fin de propiciar la explicación de las ideas de los estudiantes, resultaría apropiado comenzar la instrucción con el análisis de fenómenos sencillos, conocidos por ellos, los cuales puedan ser explicados e interpretados a partir de sus propias concepciones. Tareas que impliquen la contrastación de predicciones con actividades experimentales sencillas, la resolución de problemas en pequeños grupos de trabajos, la presentación de interrogantes múltiples por parte del docente ante el gran grupo, la contrastación de explicaciones entre sí y la busca de datos a favor o en contra de unas u otras (Chauvet y Kaminsky ,2002; Pozo, 2007), ayudaría a los estudiantes a explicitar sus ideas.

En tanto, para ayudar a los alumnos a que reconozcan las características de su modo de conocer, resultaría oportuno, por ejemplo, presentar situaciones problemáticas en donde sus ideas no resulten “útiles”, para interpretar, predecir y/o explicar el fenómeno analizado. Así también, la reflexión individual y colectiva potenciaría el hecho de que los alumnos reflexionen acerca de la consistencia de sus ideas, explicaciones y predicciones; de su forma de razonar y del modelo explicativo que utilizan (Sanmartí, 2000), lo que favorecería la clarificación del modo de conocer que cada uno comparte.

De este modo se ayudaría a los estudiantes no sólo a que comiencen a ser concientes del limitado poder explicativo que suelen tener sus concepciones (Bravo, Pesa y Cudmani, 2001), sino también a interesarse por aprender nuevas formas de conceptuar el fenómeno que sí resulten útiles para explicar un mayor número de situaciones, con mayor consistencia y coherencia. La meta de esta instancia no es crear un “conflicto cognitivo” que conduzca al “abandono” de las ideas previas de los alumnos por considerarlas “poco útiles”. Sino reconocer sus características para luego, cuando se presente el modelo de la ciencia escolar, poder analizar comparativamente ambos modos de conocer, intentando que el más intuitivo sea interpretado, explicado, redescrito por el más complejo y potente, como es el saber de la ciencia escolar (Pozo y Gómez Crespo, 1998).

Con antelación hemos propuesto que durante el aprendizaje de las ciencias el modo de conocer inicial de quien aprende se iría complejizando paulatinamente. Esto es, de considerar los fenómenos en función de estados, reconociendo parcialmente las

variables involucradas y desconociendo las relaciones e interacciones entre ellas (lo que implica un modo de razonar monovariado, reduccionista, construido en base a una fe realista); se pasaría a reconocer mayor número de variables, concibiéndose las relacionadas a partir de ciertos procesos que son explicados en términos de causalidades lineales considerándose que los modelos de la ciencia permiten esclarecer e interpretar esas relaciones. Finalmente, se llegaría a interpretar y explicar los fenómenos en término de sistemas e interacciones, de manera coherente con lo propuesto por la ciencia. En concordancia con lo dicho, durante el abordaje del modelo de la ciencia escolar se debería en principio favorecer la identificación de las variables involucradas en el fenómeno estudiado y el análisis de sus características. Luego, abordar el estudio de los procesos e interacciones que entre ellas se llevan a cabo, lo que permitiría finalmente llegar a interpretarlas de forma integrada y sistémica, según lo propuesto por la ciencia escolar.

A su vez, se debería comenzar a estudiar aquellas interacciones o aspectos del modelo a abordar que contengan menos “componentes” contra – intuitivos, es decir aquellos que se encuentren ontológica y conceptualmente “más cercanas” al saber inicial de los alumnos, y cuya construcción implique una “ampliación” o complejización del mismo (Pozo y Gómez Crespo, 1998) más que una reestructuración de su modo de conocer. Y entonces, en una segunda instancia, abordar aquellos aspectos que sí requieren de un cambio radical.

No presenta la misma complejidad un aprendizaje que requiera de un *cambio radical* (entendido como cambio ontológico, epistemológico y conceptual), que uno que implique un “desarrollo conceptual”, entendido como la necesidad de ampliar y enriquecer las ideas previas (Duit, 2006). En tal sentido, muchas veces las ideas de los alumnos resultan incompletas desde el saber de la ciencia pero no incorrectas en dicho contexto y la función de la instrucción debería orientarse a ampliarlas e enriquecerlas, y a potenciar el desarrollo de la habilidad de utilizarlas para explicar qué, cómo y por qué ocurre un fenómeno. En tanto, otras ideas no sólo resultan incompletas sino también incorrectas en el contexto de la ciencia escolar, como por ejemplo las siguientes: “para ver debo mirar porque algo sale de mis ojos hacia el objeto; la electricidad es una sustancia que recorre los cables; para que un cuerpo se mantenga en movimiento debe existir una fuerza que lo acompañe....” En estos casos, sería mayor la complejidad que

implica la interpretación de la explicación de la ciencia ya que, de algún modo, se “contradice” con lo que el alumno “conoce”.

En la instrucción, entonces, se debería partir de aquellas ideas incompletas de los estudiantes e introducir gradualmente los modelos propuestos por la ciencia, a fin de otorgarles herramientas concretas para que puedan no sólo describir los fenómenos sino también interpretarlos y explicarlos y con ello, *ampliar y/o completar sus concepciones*. Conforme avance la instrucción, deberían abordarse aquellos modelos que requieran de *la reestructuración* del saber inicial de los alumnos (en el capítulo V donde describimos la propuesta didáctica que hemos diseñado, explicamos y ejemplificamos minuciosamente esta manera de abordar el modelo de la ciencia escolar).

Ahora bien, como ya hemos indicado con antelación, el aprendizaje de las ciencia no implica “sólo” la construcción de los modelos propuestos por ella sino también el desarrollo de aplicar el nuevo conocimiento para explicar múltiples y “novedosas” situaciones. Es por ello que una instancia educativa de primordial importancia es justamente la que tiende a potenciar el desarrollo de la habilidad de hacer uso consistente y coherente de las ideas construidas, al involucrar tareas que implican la transferencia de las “nuevas” concepciones en múltiples contextos y situaciones, como así también el planteamiento de nuevas preguntas e interrogantes (Domínguez Castiñeira, 2000; Sanmartí, 2000).

Finalmente, otra instancia crucial en el proceso de enseñanza es la que involucra a los estudiantes en un proceso de explicitación respecto de lo que han aprendido, de cuáles fueron los cambios en sus puntos de vista, en su manera de conocer, de cuáles son las características del saber construido... (Bravo, Pesa y Pozo, 2005; Buning, Schraw y Ronning, 2002). Ya hemos discutido que aprender ciencias implica desarrollar una manera distinta a la cotidiana de aprender y que, como dice Bachelar (1985) “no hay ciencia sino mediante una escuela permanente” por lo que resulta especialmente importante favorecer con la instrucción que el alumno adquiera actitudes críticas sobre el propio proceso de aprendizaje, que se reconozca como el principal partícipe en él, que adquiera la habilidad no sólo de analizar qué aprendió sino también cómo aprendió, en un intento de reconocer y clarificar aquellas herramientas que podrá seguir usando para seguir aprendiendo.

Tareas que impliquen tanto reflexiones individuales como discusiones grupales, que permitan a los alumnos comparar sus ideas iniciales con las compartidas luego de la

instrucción y analizar las características de uno y otro modo de conocer, resultarían óptimas para cumplir el objetivo de esta etapa.

El rol del docente en esta propuesta de enseñanza es más que relevante, no sólo porque es el responsable de presentar paulatinamente el modo de conocer de la ciencia, sino porque en todo momento deberá ayudar a los alumnos a clarificar su modo de conocer, a resolver los problemas planteados, motivando las discusiones entre pares, promoviendo el espíritu crítico, despertando el interés para aprender y explicar múltiples fenómenos, estimulándolos a cuestionarse, a emitir predicciones, ayudándolos a contrastarlas, mostrándoles explícitamente la importancia de sus ideas pero también el poder explicativo de las de la ciencias, mostrándose ante ellos conciente de la complejidad que implica aprender ciencias pero también de la importancia que este proceso tiene para aprender a pensar diferente, para poder argumentar con consistencia y coherencia, para poder interpretar situaciones que antes no podían. El docente es el responsable también de la enseñanza explícita de procedimientos relacionados con la elaboración de explicaciones y la aplicación coherente y consistente de los modelos de la ciencia. Y juega un rol más que relevante hacia el final de la instrucción, al ser quien debe guiar a los estudiantes en el análisis crítico y reflexivo respecto de qué y cómo han aprendido.

Ahora bien, como señala Sanmartí (2000), se enseña y se aprende a través de actividades, que son las que posibilitan que el estudiante acceda a conocimientos que por sí mismo no podría llegar a representarse. Las actividades, entonces, se convierten en el medio para potenciar el aprendizaje de los alumnos, tendientes a propiciar que sus iniciales modelos, modos de razonar, manera de concebir los fenómenos, evolucionen desde las representaciones más simples e intuitivas hacia otras más complejas y cercanas a las de las ciencias.

Si bien el tipo de actividades puede ser diverso (diseño y realización de pequeñas experiencias, problemas de lápiz y papel, búsquedas bibliográficas, construcción de modelos, exposición y realización de experiencias por parte del docente ante el gran grupo ...), resulta de primordial importancia que estén planteadas en término de situaciones problemáticas, donde el objetivo central sea que el alumno se cuestione sobre fenómenos conocidos, interesantes para él, y que elabore explicaciones, que en una primera instancia podrán ser más bien tautológicas y descriptivas, pero conforme avance la instrucción, irán ganando complejidad y adquiriendo las características de una

explicación mas coherente con las de la ciencia que implique atender no al “qué sucede” sino al “qué, cómo y porqué” suceden los distintos fenómenos. Elaborar este tipo de explicaciones ayudará a utilizar modos de razonar cada vez más plurivariados y no reduccionistas. Resulta esencial, entonces, construir una secuencia de actividades de complejidad creciente, que entrene y facilite el uso estratégico del modo de conocer que va siendo construido por los estudiantes, desde las situaciones más simples (o con más ayuda pedagógica) a las más complejas (que implican mayor autonomía) (Pozo, 2007)

El énfasis puesto en esta propuesta en la resolución de cuestiones problemáticas se debe a que se reconoce que la ciencia como actividad humana, está dirigida fundamentalmente a plantear y resolver problemas y siendo fiel a esta característica, cada vez que nos enfrentemos al aprendizaje de contenidos concernientes a su campo de estudio nos veremos ante tareas que implican resolver diversas situaciones problemáticas (Bruning, Schraw y Ronning, 2002). Tal como lo propone Bachelard (1985) “en la enseñanza de la ciencia si no hay problema no hay aprendizaje. Una enseñanza desprovista de problemas desconoce el sentido real del espíritu científico”. A su vez, y como propone Delval (2004), el sujeto que desarrolla la capacidad de pensar y de encontrar soluciones a los problemas es el que realmente ha aprendido a aprender y puede buscar sus propios conocimientos.

Estos problemas, a su vez, no deben implicar sólo actividades de lápiz y papel sino también la realización de experiencias que tengan los rasgos de una *pequeña investigación* (Pozo, 2007) y que les permitan a los estudiantes, por ejemplo, diseñar las actividades, decidiendo con fundamento qué materiales utilizar, qué dispositivos emplear, qué variables observar y medir; como así también permitan contrastar predicciones, observar fenómenos desde una óptica características de la ciencia, yendo, como dice Hogarth (2002), “más allá de lo que nuestros ojos nos permiten ver, de lo que nuestros sentidos nos dictan”; realizar mediciones, analizar críticamente los resultados, obtener conclusiones a partir de ellos.

Es decir que la enseñanza de la ciencia, al intentar favorecer la construcción de un modo de conocer coherente con el que ella propone, no debe atender solamente a la componente “conceptual” de este modo de conocer, sino también a lo que respecta a su manera de “proceder”. Y en relación a ello, se debería prestar especial interés no sólo a las destrezas manuales, sino también a las cognitivas, relacionadas con la manera, que

desde el contexto de la ciencia, se elaboran explicaciones, se interpretan datos, se utilizan modelos, se razona (Domínguez Castiñeira, 2000).

Finalmente, y tal como reseñábamos en la introducción de esta Tesis, la enseñanza de la ciencia, debería apuntar a *“formar alumnos más autónomos en la gestión del conocimiento, en la medida en que la nueva sociedad de la información, el conocimiento múltiple y el aprendizaje exige ya de todos nosotros una cultura del aprendizaje basada no tanto en la aceptación de saberes establecidos y recibidos desde fuera cuanto en la construcción de una propia mirada, de un saber propio, a partir de esos saberes múltiples”* (Pozo, 2007). Desde esta perspectiva resulta más que relevante que durante la instrucción se otorguen instancias especialmente diseñadas para ayudar a los alumnos a desarrollar una actitud crítica no sólo en relación a la naturaleza dinámica y cambiante de la ciencia, sino también en relación a su propio aprendizaje lo que implicaría reconocer cómo fueron aprendiendo los modelos por ella propuesto, con el fin de que adquieran unas herramientas básicas que le permitan seguir aprendiendo.

Un aprendizaje con las características descritas, y un proceso de enseñanza como el propuesto requiere de *tiempo*. Esto es, no se puede pretender que los alumnos en unas pocas clases de ciencias, se concienticen de sus ideas, reconozcan su naturaleza, interpreten el modo de conocer de la ciencia, los diferencien e integren jerárquicamente con su saber inicial, reconozcan el contexto de uso de cada una, el poder explicativo, aprendan a aplicar el nuevo conocimiento con consistencia y en múltiples contextos, reflexionen sobre el aprendizaje experimentado, aprendan a aprender ciencias....

Esta necesidad de tiempo, va de algún modo en contra de los diseños curriculares vigentes, donde una extensa lista de contenidos se proponen para ser abordados en un ciclo lectivo. Los docentes, ante estas prescripciones, suelen planificar y abordar a lo largo del año también una gran cantidad de contenidos, lo que conduce a que la enseñanza se reduzca a la transmisión del conocimiento de la ciencia, donde el docente realiza principalmente exposiciones orales, y los alumnos tienen la función de recepcionar, memorizar y finalmente declarar el conocimiento impartido. Es decir que habitualmente en las clases de ciencias, seguiría preponderando la enseñanza *tradicional* (Delval, 2004). Ya hemos discutido que este tipo de enseñanza no propicia los aprendizajes deseados.

Quizá la clave esté en principio, en repensar los criterios de selección de contenidos, pero fundamentalmente, repensar el objetivo de la enseñanza de las ciencias

en la educación secundaria. La enseñanza de las ciencias en educación obligatoria, debería favorecer la construcción de un modo de conocer ontológica, epistemológica y conceptualmente distinto al cotidiano. Desde esta postura concebimos que los contenidos conceptuales más convencionales, son la manera de acceder y construir esas estructuras subyacentes al saber de la ciencia, pero no deberían considerarse un fin en sí mismo en la educación científica, sino un medio para construir esa manera distinta de conocer (Pozo y Gómez Crespo, 1998).

Así, reconocemos relevante que al momento de decidir qué enseñar, se identifiquen aquellos núcleos conceptuales que favorezcan un aprendizaje como el descrito con antelación, esto es, que permitan al alumno construir un conocimiento cada vez más coherente con el de la ciencia, a reconocer las características subyacentes a este modo de conocer, a aprender a aprenderlo, a adquirir una actitud crítica que le permita reconocer la importancia y necesidad de seguir aprendiéndolo y la relevancia que esto tiene para poder adaptarse a esta sociedad científica y tecnológicamente tan dinámica, y poder actuar con criterio y fundamento en y sobre ella. Es decir, que, a largo plazo, el alumno se convierta en un ciudadano “científicamente culto”.

Y como dice Viennot (2002) *“que se tranquilicen los que tienen miedo de que la física (las ciencias naturales) se vuelva demasiado fácil” (al reducirse el número y tipo de contenidos conceptuales a ser abordados en clase) porque: “el aceptar tener en cuenta varias causas, o variables o sistemas en el análisis de un fenómeno; el hacer hablar a un resultado, el enfrentarse a eventuales contradicciones, el interrogarse sobre los límites de un razonamiento ...”* implica un aprendizaje que, como lo hemos justificado, dista mucho de ser “sencillo”.

Como adelantábamos en la introducción de esta Tesis, la temática visión y percepción del color requiere de un aprendizaje como el descrito. En el próximo capítulo nos detenemos a justificar este hecho.

CAPITULO II

LA ENSEÑANZA DE LA VISIÓN Y EL COLOR.

“Papá, porqué no se mezclan nuestra miradas cuando se encuentran?”²

El hombre siente y percibe la realidad principalmente por el sentido de la vista. La visión es el sentido más importante en los seres humanos, en tanto suele ser el que mayor información aporta del mundo exterior. Como propone Monserrat (1998) *“la visión nos abre al mundo, permite una sensación a distancia mediada por la incidencia de la luz sobre los receptores en la retina; en ella el objeto de sensación (lo sentido) es ante todo el mundo externo”*.

Durante la visión de un objeto, múltiples procesos ocurren no sólo en el mundo físico “exterior” al observador, sino también en su interior, sin que él sea conciente de ellos. El proceso de la visión (que incluye complejos mecanismos fisicoquímicos, neurológicos, cognitivos) opera inconscientemente, automáticamente, como el hecho de respirar. Los individuos están tan familiarizados con el hecho de “ver” que haría falta bastante imaginación para darse cuenta que en el acto de ver se resuelven complejos problemas como la formación de la imagen invertida en la retina, la sensación de la tridimensionalidad a partir del patrón bidimensional de intensidades luminosas, el reconocimiento de los objetos, etc. (Gregory, 1990; Pinker, 2000). Tal es así que la experiencia cotidiana “indica” que si abrimos los ojos y miramos, vemos de inmediato, sin que puedan reconocerse procesos o interacciones ni percibirse el intervalo de tiempo que transcurre entre ese “abrir los ojos” y ver, percibir y hasta interpretar lo que ocurre “fuera”.

El modo de conocer intuitivo, que se construye ante esta experiencia fenomenológica y basándose en esa fe realista de la que hablábamos en el capítulo anterior, lleva a concebir a la visión como un proceso espontáneo en tanto el observador debe *simplemente* mirar, dirigir los ojos hacia el objeto para ... *VER...* En el “mejor de los casos” este proceso se explica de manera incompleta, en términos de causalidades simples, sin tener en cuenta la complejidad del fenómeno, las variables significativas y sus interacciones y utilizando razonamientos reduccionistas que, acriticamente, llevan a

² *Pregunta espontánea de un niño de 5 años, citado por Anderson y Kärrqvist (1983).*

considerar que “un observador ve porque mira hacia el objeto y la luz ilumina ese objeto que se encuentra dentro del campo visual de quien percibe”.

Al color, en tanto, desde el conocimiento intuitivo y cotidiano, se lo concibe como una propiedad del objeto que permanece invariable en él, aún en la oscuridad, aún ante la ausencia de un observador que lo “perciba”. La ontología propia del saber intuitivo que se caracteriza por atender a los estados más que a los procesos e interacciones para explicar un fenómeno; la tendencia al “sustancialismo” del que hacíamos mención en el capítulo anterior, no permite ni siquiera “sospechar” que el color, según la ciencia, es una percepción producto de complejas interacciones físico químicas, biológicas, neurológicas, cognitivas, subjetivas; que el color no es más que una *apariencia* (Feymann, Leighton y Sands, 1971).

Y si bien el conocimiento científico compartido actualmente se diferencia notablemente de ese modo de conocer intuitivo, los científicos a lo largo de la historia, no fueron inmunes a esta tendencia de apoyarse en la experiencia cotidiana para explicar la visión y los colores. De hecho, las primeras teorías científicas se apoyaron en ella y en un razonamiento superficial (Galili y Hazan, 2000). Es más, algunas investigaciones han puesto en evidencia una llamativa similitud entre diversos aspectos de los esquemas explicativos espontáneos de los niños y las teorías científicas, ya superadas, construidas históricamente por la humanidad para entender los fenómenos luminosos (Salina y Sandoval, 1994; Pesa y Cudmani, 1993).

La historia de la física y más recientemente la propia investigación psicológica, muestra el largo y lento proceso de reflexión y análisis que requirió al hombre ir construyendo un sistema científico coherente, sobre los fenómenos más simples relacionados con la visión y la percepción de los colores.

Haciendo una reseña histórica (como lo hace por ejemplo, Galili y Hazan, 2000, 2000; Hecht, 1987; Sandoval y Salinas, 1990; Salinas y Sandoval, 1994; Pesa y Cudmani, 1993; Taton, 1975; Zajonc, 1997) podemos observar que los modelos propuestos antiguamente para explicar la visión y el color, tienen como marco de referencia el sentido común. Así por ejemplo Pitágoras (580 a.de C.), como uno de los propulsores en lo que respecta a la interpretación de la visión, explicaba este proceso considerando que la luz se propaga en línea recta desde los ojos hasta los cuerpos donde se produce un “choque”, lo que permite ver el cuerpo. La objeción obvia a este modelo es que no podemos ver en la oscuridad. Platón entonces proponía que el “rayo visual” es

destruido por el poder de la oscuridad y la iluminación del ambiente es necesaria para ayudar su “viaje”.

Esta idea, de origen sensorial y concreto, resulta análoga a la hallada en alumnos de distintas edades, como veremos más adelante. La concepción de “rayo visual” descrita por Guesne (1998), de “visión activa” detectado por Osborne y Black (1993), o “el modelo por emisión” hallado por Selley (1996) son algunos ejemplos de ideas intuitivas utilizadas por alumnos de distintas edades y tienen su correlato en el modelo pitagórico.

Los atomistas de la escuela de Demócrito sostenían que los objetos emiten “imágenes”, réplicas de sus formas y colores, que se proyectan hasta el ojo. Esta idea también suele ser compartida por algunos alumnos, tal como lo mencionan por ejemplo, Anderson y Kärrqvist (1983)

Empédocles consideraba a la luz como constituida por efluvios emanados por las fuentes incandescentes, los ojos y los cuerpos visibles. Explicaba entonces que la visión, requería de la reunión de dos emisiones (una desde el objeto hacia el ojo y otra desde el ojo hacia el objeto). Esta idea suele ser compartida también por los estudiantes, tal como lo proponen, por ejemplo Galili y Hazan (2000)

Aristóteles defendió una teoría según la cual la visión se produce mediante una modificación, una actividad del medio material interpuesto entre el objeto y el ojo.

Recién en el siglo XI en la escuela islámica de Alejandría se inició la construcción de enfoques teóricos más científicos. Pero como veremos en el siguiente punto, todavía hoy se discute en el seno de la comunidad científica cómo se percibe e interpreta la imagen construida durante el proceso de visión. No obstante hay algunos acuerdos que implican asumir que el sentido de la vista es un sistema de procesamiento, codificación, transmisión y representación neuronal de la información físico – química proveniente del medio exterior (Gregory, 1990; Falk, Brill y Stork; 1990; Feymann, Leighton y Sands, 1971; Monserrat, 1998; Pesa, Colombo, Cudmani, 2000).

De la misma manera en que distintos modelos acerca de la visión fueron propuestos a lo largo de la historia por la comunidad científica, aparecieron también diversos modelos respecto del color, su naturaleza y percepción (tal como le señalan Pesa, M. Cudmani, L. 1993; Sandoval y Salinas, 1996 ; Taton, 1975 ; Zajonc, 1997, entre otros autores). Y como veremos en el próximo apartado, muchas de estas

explicaciones coinciden con las compartidas *actualmente* por alumnos de distintas edades.

Así por ejemplo Platón proponía que el color de los objetos dependía del tamaño de sus “poros” de donde emanaba la luz. Demócrito, atribuía el color a la forma y a la velocidad de las partículas que salían de los objetos. Aristóteles, sostenía que el color es una propiedad de la luz que suponía blanca y afirmaba que los objetos “contaminan” o “ennegrecen” a la luz y el color dependía entonces de la cantidad y calidad del ennegrecimiento.

A su vez, la historia de la ciencia muestra que existieron dos corrientes, muchas veces contrapuestas respecto del tema del color. Por un lado, un enfoque que intentó elaborar explicaciones desde la física en el que se encontraban Newton, Young, Dalton, Maxwell, entre otros. Por otro lado, se proponía un abordaje “sensorial” o psicológico del color, en el que se encontraron Goeth, Hering, Judd, Muller por ejemplo (Monserrat, 1998).

Si bien desde entonces se produjeron fructíferos avances hacia la construcción de una teoría integral respecto del color con el aporte de distintos científicos como Kries y Schrödinger (Taton, 1975), todavía existen polémicas acerca de cómo explicar su percepción y la percepción visual en general.

En el siguiente apartado nos detenemos a analizar con mayor profundidad cuál es el saber de la ciencia que se propone hoy para explicar el proceso de visión y el de percepción del color.

1. ¿QUÉ CONOCEMOS “CIENTÍFICAMENTE” HOY SOBRE LOS PROCESOS DE VISIÓN Y PERCEPCIÓN DEL COLOR?

Realizar un análisis científico riguroso respecto del proceso de visión implicaría estudiar: el color, la formalización de la imagen (figuras y formas estructuradas), la percepción del objeto, la profundidad y el movimiento. A su vez, a estos temas se los podría abordar en diferentes niveles: físico, biológico – neurológico y atencional gestáltico. Finalmente, al estudiar científicamente la visión, se deberían analizar distinguidamente los procesos perceptuales (que nos presentan el mundo de manera fáctica, automática, mecánica e inconsciente) y los procesos cognitivos propios (que representan el mundo por la actividad posterior de la mente a partir de los resultados de la percepción).

Pero aquí nos detendremos a analizar “sólo” aquellos fenómenos físico, químicos y biológicos (e intentaremos un acercamiento a los neurológicos y psicológicos) que consideramos nos permitirán cumplir con los dos objetivos que nos hemos planteado al realizar este análisis científico: interpretar la naturaleza y características del conocimiento propuesto por la ciencia y delimitar la idea de la ciencia escolar a compartir con alumnos de Educación Secundaria Obligatoria.

Al primer objetivo lo consideramos clave para poder interpretar la complejidad que implica el aprendizaje de los modelos que la ciencia propone para explicar la visión y el color. Deja explícitamente en evidencia la brecha ontológica, epistemológica y conceptual que “separa” a este saber del intuitivo, generalmente compartido por los estudiantes antes de la instrucción dejará vislumbrar y justificar la complejidad mencionada.

El segundo objetivo nos permitirá delimitar el modelo de la ciencia que se debería compartir con estudiantes de Educación Secundaria Obligatoria (edades comprendidas entre 13 y 14 años); como los que se trabaja en esta Tesis. En tal sentido, y coincidiendo con Galili y Hazan (2000), consideramos que resultaría óptimo comenzar la instrucción acerca de los procesos de visión y percepción del color en la escuela secundaria obligatoria, realizando una “aproximación” a los modelos propuestos por la ciencia que implique la construcción de un modo de conocer coherente con lo que esta propone. La complejización de este modelo quedaría para los niveles educativos superiores. Así, consideramos que los estudiantes de secundaria obligatoria, al culminar la instrucción, deberían poder explicar en términos coherentes con los de la ciencia, la interacción luz – materia y reconocer la necesidad de que la radiación emitida por el objeto estimule el sistema visual durante el proceso de visión. Respecto del color, los alumnos debieran reconocer las variables de las que depende este fenómeno; interpretar, usando un saber coherente con el de la ciencia, las interacciones luz – materia y reconocer al color como producto de la interacción entre la radiación reflejada selectivamente por el objeto y el sistema visual del observador. Este sería un primer paso en la construcción de un modelo cada vez más complejo, que atienda al estudio acerca de cómo se producen las imágenes no sólo reales sino también virtuales, cómo funciona el sistema visual ante el estímulo de distintas radiaciones, cuáles son las variables psicofísicas en la percepción del color.

Si bien somos concientes de que la física, química, biología, psicología, neurología, han propuestos múltiples modelos para explicar la visión de un objeto y la percepción del color, varios en continuo debate y construcción, y algunos mucho más complejos de los que aquí se presentan, insistimos que a continuación atenderemos “sólo” a aquellos modelos que nos permitirán alcanzar los dos objetivos anteriormente enunciados.

1.1 El proceso de visión y percepción del color

En cualquier sistema de sensación - percepción se dan dos elementos: un estímulo físico (la radiación lumínica en el caso de la visión y percepción del color) y un receptor de ese estímulo (el sistema visual) que se conecta con el sistema nervioso y con el cerebro. El origen de la sensación, tiene una estructura psicofísica. Hay una correlación entre unos procesos físico - biológicos antecedentes y la producción de una sensación psíquica consecuente (Monserrat, 1998). Sabemos que la sensación comienza cuando se produce una interacción entre agentes físico - biológicos externos y el sistema nervioso. Se genera entonces una actividad nerviosa que acaba produciendo efectos psíquicos terminales de carácter específicos (Ville,1996). En tal sentido se asume hoy desde la ciencia que un observador normal ve cuando la luz emitida (o reflejada) por un objeto llega al sistema visual y desencadena complejos mecanismos de índole física, neuro – fisiológica y psicológica que conducen a la visión de dicho objeto (Feymann, Leighton y Sands, 1971; Gregory, 1990; Monserrat, 1998)

También el color puede ser estudiado básicamente como un fenómeno psicofísico. Por una parte tenemos un input físico: la radiación lumínica. Por otra parte constatamos la experiencia subjetiva del color que puede ser considerada como un output psíquico final (que es lo que comúnmente se entiende por *sentir*). El mismo se produce luego de que la luz sea procesada por los mecanismos propios del sistema visual (Monserrat, 1998) y por el procesamiento cognitivo de la estimulación (Pinker, 2000)

El fenómeno de la visión y el de percepción del color, entonces, dependen parcialmente del mundo físico, ya que dependen no sólo de las interacciones que se producen entre la luz y la materia, *sino también del ojo, de lo que suceda detrás del ojo, dentro del cerebro* (Feymann, Leighton y Sands, 1971).

El estudio e interpretación de estos fenómenos requieren de un abordaje interdisciplinario, que involucre al conocimiento aportado por la Física, que explica la

naturaleza de la luz y su interacción con la materia y los procesos de formación de imágenes; la fisiología, que describe la acción de la luz en los fotorreceptores del ojo y el proceso de impulsos nerviosos producidos por éstos y transmitidos hacia el cerebro por medio del sistema nervioso, y la psicología de la percepción, que trata del procesamiento e interpretación de la información por parte del cerebro.

Si bien existen hoy ciertas propuestas teóricas que tratarían de ofrecer un marco general para explicar globalmente la formación de imágenes, la ciencia no puede ofrecernos todavía una explicación plenamente satisfactoria de los eventos y procesos físicos, biológicos, psíquicos y cognitivos que producen la percepción de imágenes visuales (Montserrat, 1998). No obstante sí contamos con una serie de modelos explicativos, consensuados en el seno de las ciencias, que resultan claves para interpretar la visión directa de un objeto y la percepción del color.

Comenzamos analizando los modelos propuestos por la física, que nos permitirán interpretar los procesos que suceden cuando la radiación lumínica interacciona con distintos objetos. Luego, y a partir del análisis de la fisiología y funcionamiento del ojo humano, abordaremos algunos de los complejos procesos que se llevan a cabo en el sistema visual y que conllevarían a la visión de un objeto y la percepción de un color.

1.2. Interacción Luz – Materia

Uno de los modelos propuestos por la Física, para interpretar la naturaleza de la luz, implica considerarla como energía electromagnética, que se propaga rectilíneamente por el espacio a una velocidad muy grande ($3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$). Dicha radiación, puede ser entendida a su vez, como una onda electromagnética y caracterizada por parámetros como su longitud de onda y frecuencia (Feymann, Leighton y Sands, 1971; Hecht – Zajon 1986; Sears, 1979). Cuando la luz incide en distintos materiales interacciona de diferente manera, en función de las características microscópicas y macroscópica del cuerpo, produciéndose entonces los fenómenos de transmisión, absorción y reflexión. Estudiar estos fenómenos, su naturaleza y cómo se producen, aportarán herramientas concretas para comenzar a interpretar los procesos que se llevan a cabo en el mundo físico, dentro del “circuito de la visión”, pero fuera del observador.

Para comenzar a analizar estos fenómenos consideremos que colocamos una fuente de luz a una gran distancia de una delgada placa de material transparente, tal como lo

representa la figura 2.1. Sabemos que parte de la radiación incidente será *reflejada* y otra parte se *transmitirá* y llegará a un punto P en el lado opuesto de la placa. Pero: ¿por qué esto ocurre así?, ¿cuál es la característica de la luz transmitida y de la luz reflejada?

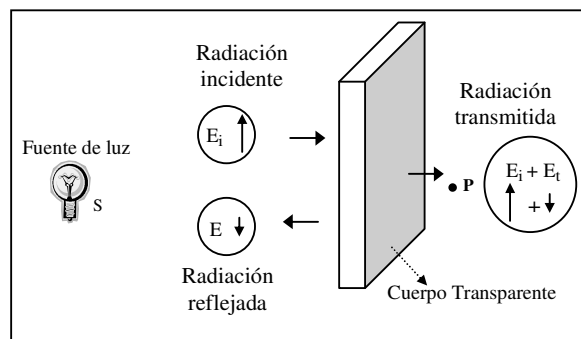


Figura 2.1: Interacción luz – cuerpo transparente. (Extraído de Feynman, R; Leighton, R; & Sands, M,1971)

El conocimiento científico propone, en términos generales, que todo material está constituido por átomos y éstos por electrones, los cuales cambian su estado de movimiento si se los somete a un campo eléctrico (Feymann, Leighton y Sands, 1971) Por otra parte, al reconocerse a la luz como una onda electromagnética, se la concibe conformada por campos eléctricos y magnéticos que vibran y se desplazan en el espacio (Hecht – Zajon 1986; Sears, 1979)

Ahora bien, cuando la luz incide en la placa, el campo eléctrico (supuesto vertical) que la compone actúa sobre los electrones produciéndoles un movimiento oscilatorio. Para describir este movimiento suponemos que los átomos son pequeños osciladores, esto es, que los electrones están sujetos elásticamente a los átomos, lo que significa que si se “aplica” una fuerza a un electrón, su desplazamiento de la posición normal será proporcional a la fuerza (Feymann, Leighton y Sands, 1971) (vale aclarar que aunque el modelo atómico propuesto es simplificado respecto al aceptado actualmente, en lo que se refiere a los problemas que involucran a la radiación lumínica, y desde la teoría de la mecánica ondulatoria, este es un modelo válido y útil).

Estos electrones en movimiento generan a su vez un campo eléctrico, constituyéndose en nuevos radiadores (Hecht, 1987; Feymann, Leighton y Sands, 1971). La radiación emitida está relacionada con la de la fuente porque está accionada por el campo que ésta produce. El campo total en el punto P de la figura 2.1 no es exactamente

el campo emitido por la fuente sino que está modificado por la contribución adicional del originado por las cargas en movimiento (Feymann, Leighton y Sands, 1971). Esto significa que el campo no es el mismo que el que había antes que el vidrio (como ejemplo de cuerpo transparente) se colorara ahí, sino que se modifica.

En tal sentido, el movimiento forzado de los electrones produce una onda que viaja hacia P, cuya amplitud depende del número de átomos por unidad de superficie en la placa, de la intensidad del campo de la fuente y de algunas propiedades atómicas (carga y masa del electrón y la frecuencia de resonancia de un electrón ligado a un átomo) (Feymann, Leighton y Sands, 1971; Hecht – Zajon 1986; Sears, 1979). Es decir, las características espectrales e intensidad de la luz transmitida depende del campo eléctrico generado por las partículas subatómicas cuando se comportan como radiadores de energía electromagnética (al ser excitados por un campo eléctrico externo), de las características espectrales de la luz incidente y de la estructura interna del material.

Lo dicho hasta aquí permite construir una idea respecto a la transmisión de la luz, pero como ya se dijo, no es el único fenómeno que ocurre cuando ésta interacciona con la materia. En efecto, cuando esto ocurre hay una disminución del módulo del campo eléctrico transmitido (respecto del incidente), la cual se ve acentuada cuando mayor sea el espesor del cuerpo. Esto es, a medida que la onda pasa a través del material “se debilita”. Ocurre que, según el modelo propuesto por la Física, el material está absorbiendo parte de la radiación y consecuentemente la radiación transmitida tiene menor energía. Esto se debe a que el movimiento oscilatorio de los electrones es un movimiento amortiguado debido a fuerzas de roce que se podrían atribuir a ciertas interacciones entre ellos, las que implicarían una disipación de energía en forma de calor en el material (Hecht – Zajon 1986; Hecht, 1987; Feymann, Leighton y Sands, 1971)

La mayor o menor absorción producida por un mismo material, dependerá de la frecuencia de la luz incidente y su valor comparativo con la frecuencia de resonancia atómica. Así, distintos materiales se comportan como opacos o transparentes ante una misma radiación según la frecuencia externa presente un valor cercano o lejano a la frecuencia natural de resonancia atómica. En tal sentido, los electrones de los cuerpos “opacos” (cuerpos de espesor no despreciable) generan un campo, al incidir luz sobre el objeto, que termina anulando exactamente el campo incidente produciendo una transmisión nula. En estos cuerpos, la radiación es absorbida en el tiempo de manera

exponencial a medida que lo atraviesa (Feymann, Leighton y Sands, 1971) (este hecho permite también explicar porqué una lámina lo suficientemente delgada de oro, por ejemplo, puede llegar a ser transparente).

En estos cuerpos opacos, el fenómeno más significativo sería la *absorción*, a diferencia del vidrio o la delgada lámina de oro donde el más significativo sería la transmisión (para el rango de la radiación visible). Pero en ambos casos siempre está presente el fenómeno de la reflexión (otra de las causas de la disminución de la energía transmitida).

Este último fenómeno es también causado por el movimiento de las cargas en las placas, las cuales irradian ondas en todas las direcciones y por lo tanto no sólo hacia P (según nuestro ejemplo de la figura 2.1) sino también hacia la fuente S. Esta radiación electromagnética que se desplaza en la dirección mencionada es la luz que llamamos *luz reflejada*, la cual no proviene solamente de la superficie del material, sino de todas partes del cuerpo, (aunque el efecto total sea equivalente a una reflexión desde la superficie) (Feymann, Leighton y Sands, 1971 Hecht – Zajon 1986; Hecht, 1987) Esta reflexión, en todos los objetos no pulidos, suele denominarse *difusa* y produce la dispersión de la luz más o menos en todas las direcciones, tal como lo esquematiza la figura 2.2.

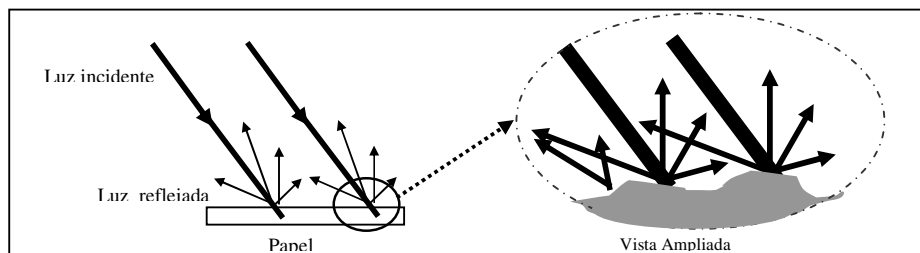


Figura 2.2: Reflexión difusa

En concordancia con lo discutido anteriormente, las características de la luz reflejada dependerá de la estructura interna del objeto y de las características de la luz incidente.

Resumiendo. El modelo propuesto por la Física implica considerar a la materia constituida por pequeñas partículas que interactúan con la energía lumínica, y como producto de esta interacción, parte de la luz incidente puede ser absorbida, reflejada y/o transmitida. Para explicar dichos fenómenos, el conocimiento científico nos propone

modelos de gran abstracción y alejados al saber cotidiano (que se basa principalmente en lo observable), ya que atiende a procesos e interacciones “no intuitivos e invisibles” que se dan entre la luz y la materia. A su vez, este conocimiento se caracteriza por atender a varias variables (luz y materia en este caso) para explicar el fenómeno, ya que no podemos hablar de “cuerpos opacos, transparentes y translúcidos” por ejemplos, basándonos sólo en su naturaleza y composición interna, sino que para hacer esta clasificación debemos atender a las características del cuerpo y de la radiación que lo ilumina. Es decir, interpretar la interacción luz – materia desde un punto de vista científico implica ir mucho más allá de lo que nos “dictan nuestros sentido” y requiere el uso de modos de razonar no reduccionistas ni monovariados, sino sistémicos y plurivariados.

Para poder interpretar ahora, los procesos que se llevan a cabo al interaccionar la luz con la materia durante el proceso de percepción del **color**, en principio debemos ampliar el modelo de radiación electromagnética al que hemos hecho referencia con antelación.

Se entiende por radiación electromagnética, a una gran gama de energía, que va desde la infrarroja, hasta la ultravioleta, incluyendo lo que llamamos “espectro visible” (Feymann, Leighton y Sands, 1971; Hecht – Zajon 1986). La luz “visible” (que así se la llama porque es capaz de estimular el sistema visual y “provocar” la visión) representa sólo una pequeña parte del espectro electromagnético, y su longitud de onda oscilan entre los 400 y 700 nm. La luz “blanca”, en realidad, es una mezcla de luces de “colores”, tal como se representa en la figura 2.3.



Figura 2.3: Luz blanca. Espectro electromagnético

Para interpretar cuáles son los procesos físicos que ocurren fuera del observador y que de algún modo conducen a que veamos objetos de distintos colores, debemos estudiar los proceso de reflexión, absorción y transmisión selectiva, que suceden cuando la luz interacciona con los objetos.

Si un objeto dado es percibido de un cierto color, eso se debe, tal como lo analizaremos más adelante, a que a nuestro sistema visual llega procedente del objeto radiación luminosa de longitudes de onda capaces de *evocar* dicho color (Falk, Brill y Stork; 1990; Feymann, Leighton y Sands, 1971; Gregory, 1990)

Si el objeto está iluminado por luz blanca, en el espectro luminoso que incide sobre él están presentes todas las frecuencias visibles (representadas en la figura 2.3). Si dicho objeto reflejara uniformemente la luz, incidiría al ojo radiación con la misma composición espectral que la luz que incidió en el cuerpo (tal como lo muestra la figura 2.4 a) y un observador “normal” lo vería blanco. Un cuerpo blanco ideal, entonces, es capaz de reflejar íntegramente la radiación recibida, para todas las longitudes de onda presentes (Rela, 1991). La figura 2.4 b muestra un gráfico del factor de reflexión (es decir la fracción de luz incidente que es reflejada) para un cuerpo blanco ideal, en función de la longitud de onda de la radiación incidente. Dicha figura muestra un 100% de reflectancia para todas las longitudes de ondas que conforman a la luz blanca.

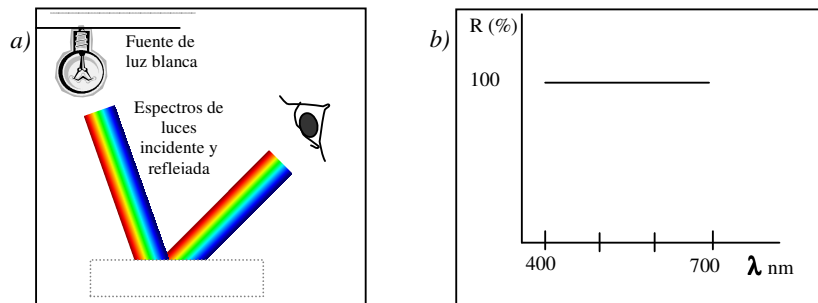


Figura 2.4: Reflexión de un cuerpo blanco ideal. a) Modelo para explicar su visión; b) Factor de reflexión vs. longitud de onda de la luz incidente.

La mayor parte de los objetos poseen pigmentos que no reflejan uniformemente todo el espectro visible cuando se lo ilumina con luz blanca, sino que reflejan sólo una porción de ella, absorbiendo el resto. Un objeto que vemos rojo, por ejemplo, absorbería las radiaciones correspondientes al anaranjado, amarillo, verde, cian, azul y violeta, y reflejaría solo el rojo, tal como se representa en la figura 2.5.a. A este cuerpo se lo denomina “ideal” (rojo ideal en el caso del ejemplo) por reflejar sólo una radiación del espectro, tal como lo muestra la figura 2.5 b.

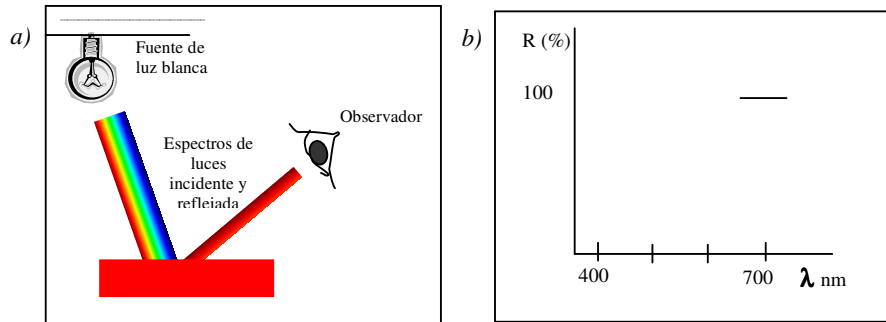


Figura 2.5: Reflexión de un cuerpo rojo ideal. a) Modelo para explicar su visión; b) Factor de reflexión vs. longitud de onda de la luz incidente

Pero la mayoría de los objetos con los que convivimos no se comportan de esta manera, sino que reflejan una mezcla de radiaciones. Siguiendo nuestro ejemplo, un cuerpo “rojo real” reflejaría rojo, anaranjado y amarillo (Sandoval y Salinas, 1996), tal como se esquematiza en la figura 2.6a y se muestra en el gráfico de reflectancia (Figura 2.6b).

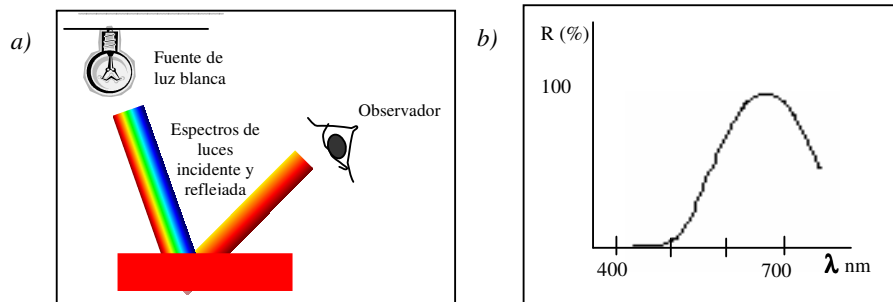


Figura 2.6: Reflexión de un cuerpo rojo real. a) Modelo para explicar su visión; b) Factor de reflexión vs. longitud de onda de la luz incidente.

Dado que nuestro sistema visual no es analítico con respecto a las frecuencias presentes en la radiación reflejada, (tal como lo discutiremos en el siguiente apartado) percibe a la mezcla como un solo color (rojo en nuestro ejemplo) (Feymann, Leighton y Sands, 1971; Nassau, 1983)

Ahora bien, como se analizó anteriormente, un cuerpo opaco puede tornarse transparente si se toma una lámina delgada de él. Los cuerpos transparentes que vemos coloreados (filtros por ejemplo) transmiten selectivamente *parte* de la radiación luminosa que incide sobre él (Falk, Brill y Stork;1990; Feymann, Leighton y Sands, 1971; Gregory, 1990). La figura 2.7a representa la transmisión selectiva de en un filtro

rojo ideal y en la figura 2.7b se representa la variación del factor de transmisión (es decir la fracción de luz incidente que es transmitida) para un filtro rojo en función de la longitud de onda de la radiación incidente.

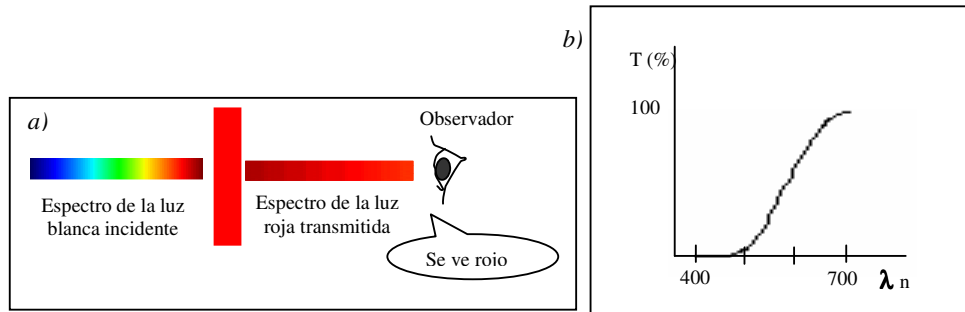


Figura 2.7: Transmisión de un filtro rojo. a) Modelo para explicar su visión; b) Factor de transmisión vs. longitud de onda de la luz incidente.

Un filtro “amarillo real”, en tanto, transmite una mezcla de luces roja, verde y amarilla y absorbe el resto de las radiaciones que constituyen la luz blanca, esto es, la gama del azul (tal como lo esquematiza la figura 2.8) Cuando la mezcla de luces transmitida por el filtro del ejemplo incide en el sistema visual de un observador “normal”, lo verá amarillo.

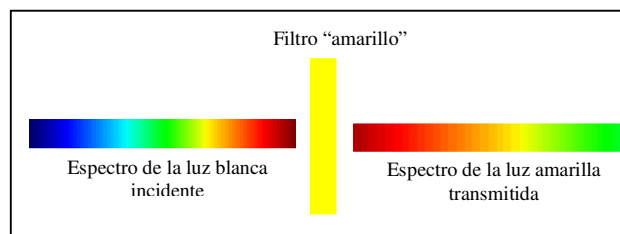


Figura 2.8: Transmisión selectiva producida por un filtro “amarillo”

Si interponemos a la luz transmitida por un filtro otro/s filtro/s como lo ejemplifica la figura 2.9., se podrá obtener como resultado la ausencia de luz transmitida, debido a las sucesivas absorciones selectivas que van produciéndose.

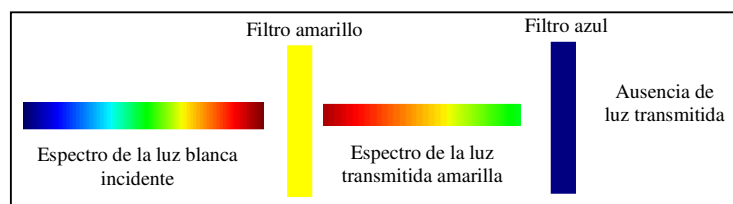


Figura 2.9: Sucesivas absorciones y transmisiones selectivas por interposición de filtros

Resumiendo. Cuando la distribución espectral de la luz incidente se modifica selectivamente al incidir en un objeto, lo percibiremos coloreado. Los objetos, entonces, y en palabras de Chauvent y Kaminsky (2002), “no son propietarios de un color, sino que son *transformadores de luz*”.

Un fenómeno interesante en relación con el fenómeno del color, es el relativo a las mezclas de pigmentos y luces, las cuales no producen el mismo efecto visual si se los mezcla de manera análoga.

Cuando mezclamos pigmentos, se interponen absorciones selectivas, que conllevan a la percepción de un color diferente al de los pigmentos originales. Esto es, si mezclamos pigmentos reales “azul” y “amarillo”, el primero reflejará verde, cian, azul y violeta y el segundo absorberá la mayoría de éstos y reflejará solo el verde, motivo por el cual, al interaccionar esta radiación con el sistema visual, veremos verde a la mezcla (Stollberg y Hill, 1967).

Se dice entonces que la mezcla de pigmentos es sustractiva, ya que el espectro de la luz resultante es lo que “queda” de la luz blanca incidente como resultado de las absorciones producidas por los pigmentos presentes (Falk, Brill y Stork 1990; Feymann, Leighton y Sands, 1971; Gregory, 1990). Este es el principio del funcionamiento de las impresoras (Rela, 1991): se superponen tintas, cada uno de los cuales absorbe parte de la luz que refleja totalmente el papel “blanco” que sirve de fondo.

La mezcla de pigmentos que absorben todas las radiaciones que conforman a la luz blanca da como resultado la percepción del “negro” (ausencia de luz). Los pigmentos primarios sustractivos (con cuya combinación total se obtiene el “negro” y cuyas combinaciones parciales dan origen al resto de los “colores” que percibimos) son el cian, magenta y amarillo (Feymann, Leighton y Sands, 1971). En la figura 2.11 se representa la mezcla de pigmentos.

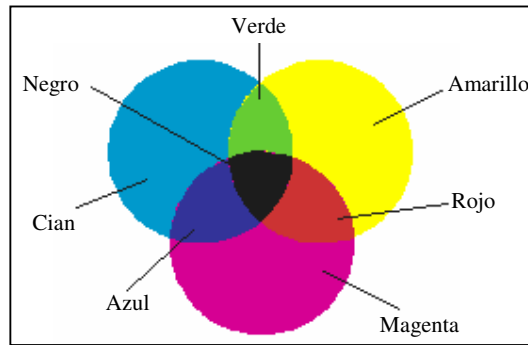


Figura 2.11: Mezcla sustractiva de pigmentos

En el caso de las luces, en tanto, la mezcla se denomina aditiva, ya que el espectro de la luz resultante es la suma de las curvas espectrales de las luces componentes (Falk, Brill y Stork;1990; Feymann, Leighton y Sands, 1971; Sears, 1979). Los colores aditivos primarios son el rojo, el verde y el azul y su mezcla origina luz blanca (Feymann, Leighton y Sands, 1971), tal como se representa en la figura 2.12

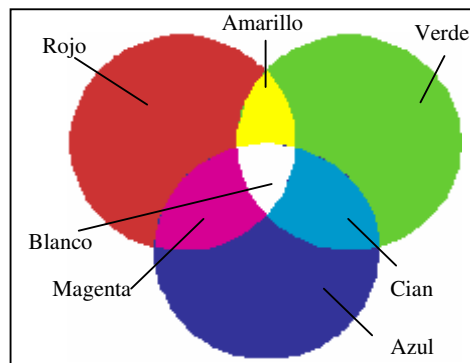


Figura 2.12: Mezcla aditiva de luces

Las imágenes de Televisión, justamente se producen a partir de la combinación adecuada (no sólo en cuanto a las radiaciones involucradas sino también a sus intensidades) de luces rojas, verde y azul.

La síntesis aditiva de luz, nos permite apreciar que si bien se puede asociar un color a cualquier longitud de onda del espectro visible, lo contrario no es cierto. Por ejemplo, si se dirigen dos haces de luz, uno rojo y otro verde, a la misma zona de una pantalla (blanca), no percibiremos un “rojo verdoso”, sino que se percibirá amarillo sin que esté presente en el espectro de la luz que llega a la pantalla, la longitud de onda correspondiente a la luz “amarilla”. Sucede que, como veremos a continuación, cuando

entran simultáneamente en el ojo varias luces coloreadas, los receptores de la retina (y los procesos que se llevan a cabo) son tales, que se ve amarillo a pesar del “agujero” en el espectro en torno a las longitudes de onda “amarillo” (Chauvet y Kaminsky, 2002). Así, distribuciones espectrales diferentes pueden producir la sensación de un mismo color.

Hasta aquí hemos analizado los modelos que la Física propone para explicar la naturaleza de la luz y su interacción con distintos objetos. A fin de construir un modelo que permita interpretar el fenómeno de la visión y percepción del color, debemos abocarnos ahora al estudio del ojo humano, sus características y funcionamiento. Esto, para poder luego analizar los complejos procesos que suceden en el observador durante los procesos de percepción visual.

1.3. El sistema visual

En esencia, el ojo humano se puede considerar como un sistema óptico (Gregory, 1990); un sistema de lentes que forma una imagen real en una zona del mismo sensible a la luz. La conformación y funcionamiento del ojo fue, por siglos, un tema de gran inquietud para los científicos. El jesuita alemán Christoph Scheiner, efectuó en 1625, un experimento clásico e irrefutable: quitó la cubierta de la parte de atrás del ojo de un animal y observando a través su retina transparente, fue capaz de percibir una pequeña imagen invertida de la escena que estaba frente a sus ojos (Hech y Zajac, 1997).

Desde entonces la comunidad científica ha construido un sólido conocimiento respecto de cómo funciona este sistema óptico, cuáles son sus elementos constitutivos, cuál es la función de cada uno de ellos en el proceso de formación de imágenes retinales y cómo se generan las mismas (Feymann, Leighton y Sands, 1971; Gregory, 1990; Hecht, Zajac, 1997; Ville, 1996).

En la figura 2.13 se presenta un esquema del ojo humano, donde se muestran sus constituyentes principales.

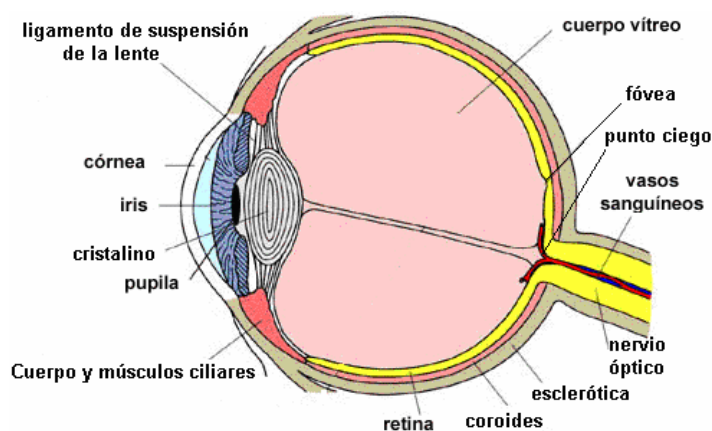


Figura 2.13: Esquema del Ojo Humano

El ojo humano es una masa gelatinosa casi esférica contenida dentro de una concavidad dura, llamada esclerótica. Excepto por la posición frontal que es transparente, la esclerótica es blanca y opaca. Sobresaliendo un poco del cuerpo de la esfera está la córnea, una superficie curva que sirve como el primer y más fuerte elemento convexo del sistema de lentes. La región que está detrás de la córnea contiene un líquido llamado humor acuoso. Sumergido en él se halla el iris que actúa como un diafragma que controla la luz que ingresa al ojo a través de la pupila. Constituido por músculos circulares y radiales, el iris expande o contrae la pupila sobre un rango de alrededor de 2mm en un ambiente de luz brillante hasta aproximadamente 8 mm en la oscuridad (Feymann, Leighton y Sands, 1971).

Luego se encuentra el cristalino, una cápsula que contiene una gelatina fibrosa, dura en el centro y progresivamente más suave en la periferia. El cristalino se mantiene en su lugar merced a ligamentos que lo sujetan al músculo ciliar que lo circunda. Detrás del cristalino, el ojo está lleno de una gelatina acuosa poco viscosa conocida como humor vítreo. Y dentro de la dura pared esclerótica está la coroides que es una capa oscura bien alimentada con conductos sanguíneos y ricamente pigmentados con melanina. La coroides absorbe la luz espúrea (como lo hace la cubierta de pintura negra en el interior de una cámara fotográfica).

Dado que los índices de refracción del humor vítreo, el humor acuoso (ambos de 1,336) y el cristalino (índice medio de 1,43) son muy similares, la mayor parte de la refracción de la luz que penetra en el ojo tiene lugar en la superficie externa de la córnea (Sears y otros, 2005). La refracción en la córnea y en las superficies del cristalino

produce en la retina, una imagen real del objeto que se mira (tal como se esquematiza en la figura 2.14)

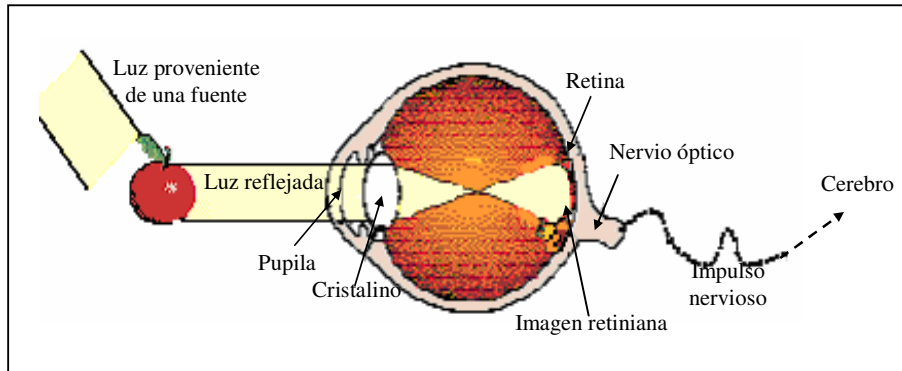


Figura 2.14: Formación de imagen retiniana

La retina es la única zona sensible a la luz, y la misma recubre la superficie interna posterior del ojo. Para que un objeto se vea con nitidez, la imagen se debe formar exactamente donde se encuentra la retina. Para ello, el ojo se ajusta a las diferentes distancias a las que puede hallarse el objeto, modificando la distancia focal del cristalino (en tanto la distancia entre éste y la retina permanece invariable). Este proceso, llamado acomodación se esquematiza en la figura 2.15.

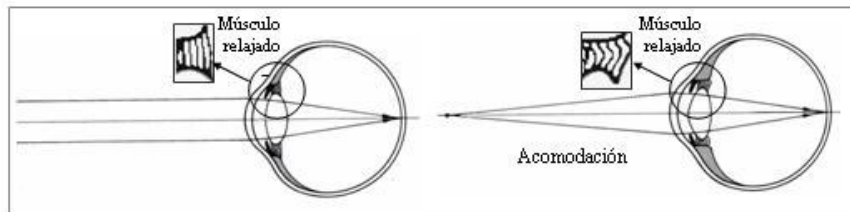


Figura 2.15: Acomodación del ojo. Extraído y adaptado de Hecht-Zajac (1986)

En el ojo normal, un objeto situado en el infinito está enfocado nítidamente cuando el músculo ciliar se encuentra relajado (Figura 2.15.a). Para permitir la formación de imágenes nítidas de objetos más cercanos en la retina, la tensión del músculo ciliar que rodea el cristalino aumenta, el músculo ciliar se contrae, el cristalino se abomba, y los radios de curvatura de sus superficies se contraen (figura 2.15.b); eso reduce la distancia focal (Sears y otros, 2005) y permite la correcta formación de la imagen en la retina.

Como indicábamos, la única porción del ojo humano sensible a la luz es la retina. Su forma es hemisférica y está compuesta de innumerables células receptoras, llamadas

bastoncitos y conos. Además, la retina contiene muchas neuronas sensitivas de enlace, junto con sus axones. Así las células sensitivas están en la porción posterior de la retina, de modo que para que la luz las alcance debe pasar a través de varias capas de neuronas. (en la figura 2.16 se muestra esquemáticamente las interconexiones mencionadas). Esto implica que en la retina una cierta cantidad de la información es “digerida” por una combinación de la información que proviene de diversos receptores visuales. Así, ciertos fenómenos de la función cerebral ocurren en el ojo mismo. Es decir, antes de llegar al cerebro la señal luminosa ha sido ya “pensada” (Feymann, Leighton y Sands, 1971)

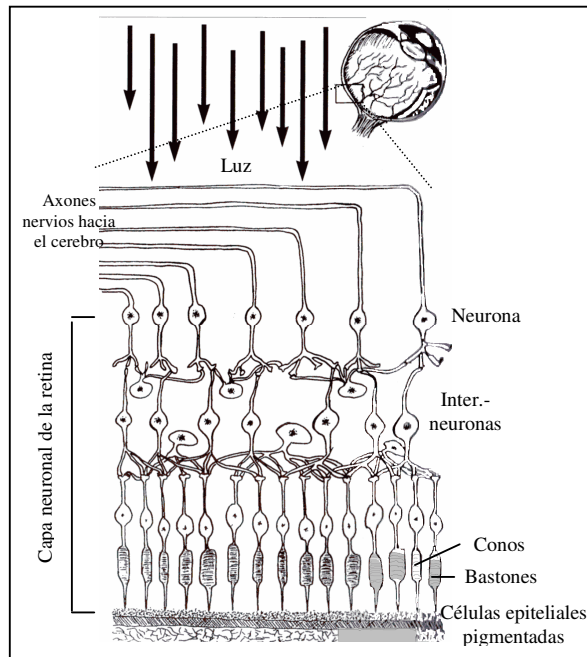


Figura 2.16: Esquema de la estructura de la retina (Extraído y adaptado de Monserrat,1998)

Los axones de las neuronas sensitivas se agrupan (en la región posterior del ojo) para formar el nervio óptico, el cual sale del globo ocular. Este punto sin conos ni bastoncitos, se llama “punto ciego” porque las imágenes proyectadas ahí no se perciben.

En el centro de la retina, directamente en la misma línea que coincide con el centro de la córnea y el del cristalino, se encuentra la región de más agudeza visual, zona algo deprimida llamada fovea. En esta fosa se concentran los conos, más sensibles a la luz brillante, a la percepción de los más finos detalles, y a la luz de “color”. Los otros elementos fotosensibles, los bastoncitos, son más numerosos en la posición periférica de

la retina, alejada de la fovea. Son receptores de la luz difusa, sin sensibilidad para el “color”.

La sensibilidad máxima de los bastoncitos está en la región verde y la de los conos está más en la región amarilla (tal como se puede observar en la figura 2.7). Así, si se tiene una página color rojo (aproximadamente de 650 nm) la podemos ver si está brillantemente iluminada, pero en la oscuridad es casi invisible (Feymann, Leighton y Sands, 1971).

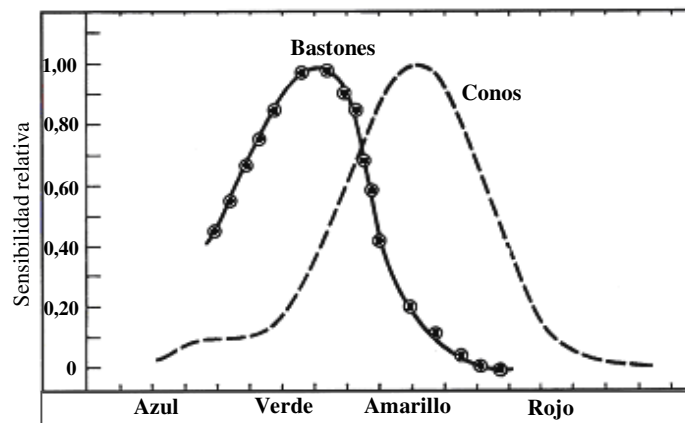


Figura 2.17: Curvas de visibilidad relativa vs. longitud de onda. (Extraído y adaptado de Feymann, 1971)

Otro efecto del hecho de que los bastoncitos entran en juego en la oscuridad y de que no existen bastoncitos en la fovea, es que cuando miramos *directamente* algo en la penumbra, nuestra visión no es tan aguda como cuando miramos *hacia un lado*. Una estrella tenue, se puede ver a veces mejor mirando un poco hacia el lado en vez de directamente hacia ella, porque no tenemos bastoncitos sensibles en el medio de la fovea. Otro efecto interesante del hecho que el número de conos decrece a medida que vamos más hacia el lado del campo de visión, es que aún en luz brillante, el color “desaparece” cuando el objeto se aleja hacia un lado.

Ahora bien, cuando la luz incide en las células fotosensibles, se desencadenan múltiples y complejas transformaciones química mediante la cual la energía lumínica termina transformándose en energía eléctrica lo que desencadena la emisión de un impulso nervioso que producirá la sensación de visión (Ville, 1996).

Para interpretar el origen de las transformaciones químicas que suceden durante el proceso de visión resulta conveniente describir, en primer término, la composición de los bastones. Estas células tienen un “pigmento visual” compuesto por un cromóforo

(retinal) ligado a una proteína (opsina). El retinal es el aldehído de la vitamina A (retino). Si bien actualmente no se conoce bien la química de los conos y de la visión de colores, se sabe que estas células fotosensibles contiene un pigmento sensible a la luz, compuesto de retineno y una proteína específica.

Cuando la luz incide en los bastones, transforma la rodopsina (en la forma cis del retineno) en lumirrodopsina, compuesto inestable que contiene la forma trans y se descompone primero en metarrodopsina y luego en retineno libre y opsina. La sensación de vista, por estímulo nervioso de los bastoncitos, ocurre cuando la luz rompe la rodopsina y provoca la isomerización de cis – retineno en la forma trans completa.

La resíntesis de la rodopsina a partir del retineno y opsina requiere que el primero tome la forma cis. Entonces puede ser recombinado con la opsina para formar rodopsina, la cual permitirá de nuevo la excitación de los bastoncitos. La rodopsina está comprendida en un proceso cíclico; se sintetiza continuamente, y después de la isomerización inducida por la luz del cis – retineno a la forma trans, se hidroliza para formar retineno libre y opsina. El trans – retineno libre se convierte en vitamina A, luego es reisomerizado a la forma cis y reoxidado a cis – retineno antes de que pueda combinarse con opsina para producir nueva rodopsina.

A modo de síntesis, en la figura en la figura 2.18 se representan las reacciones químicas mencionadas.

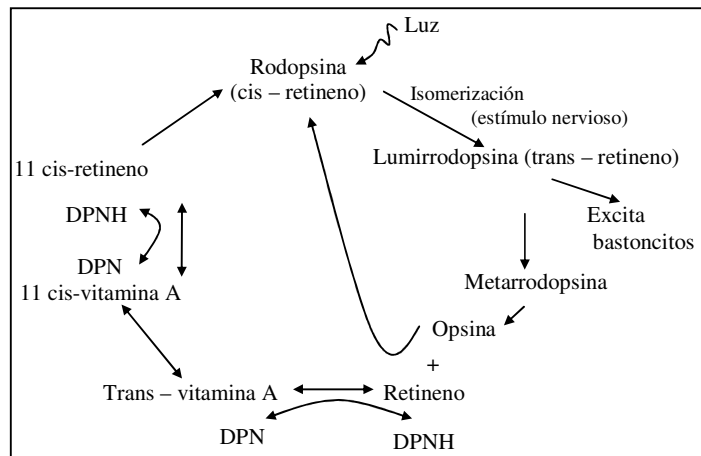


Figura 2.18 Transformaciones químicas implicadas en el proceso de visión (Extraído de Ville, 1996)

El impulso nervioso “originado” en estas transformaciones, sale por el nervio óptico a través de los axones de las células ganglionares. Entonces, la información

procesada retinalmente se transmite al cerebro. La figura 2.19 representa el itinerario y estaciones de paso de la información visual hasta repartirse en las áreas visuales del cortex.

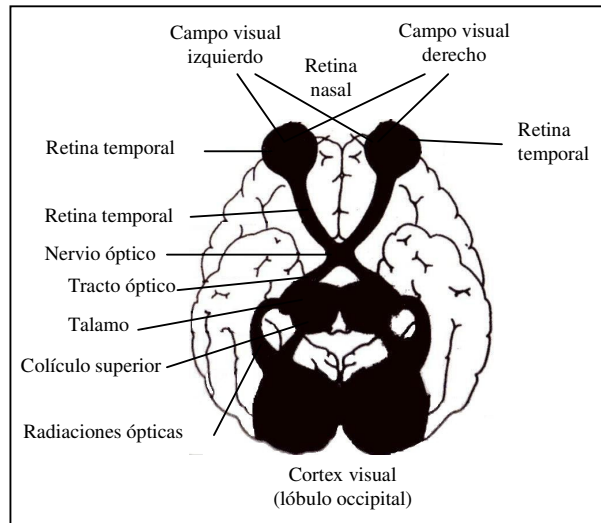


Figura 2.19: “Itinerario” y estaciones de paso de la información visual” (Extraído y adaptado de Monserrat, 1998)

La información que produce “finalmente” la imagen que percibimos del mundo exterior, entonces, consiste inicialmente en la transformación diferencial de la luz ambiente como resultado de su incidencia en los diferentes objetos, donde es reflejada, absorbida o transmitida. La señal luminosa atraviesa luego una trascodificación, que la convierte en señal neurológica (codificación neuronal).

Según Monserrat (1998) “sabemos que estas dos codificaciones se producen y debemos admitir que, en alguna manera que desconocemos, hacen que la imagen llegue al cerebro”. Según este autor (Op. Cit) en la interpretación actual de la visión, los resultados biológicos parecen mostrar que la imagen se descompone en el procesamiento neuronal y que unas características de la imagen se procesan en unas partes del cortex y otras en localizaciones muy distintos. Se interpreta, así, que la imagen está “descompuesta” en el cerebro. No obstante, nuestra experiencia fenomenológica nos muestra una imagen terminal unificada. ¿Cómo se produce la unificación de toda esa información desintegrada? Este es el enigma de la “recomposición” de la imagen. Enigma del que tenemos hoy, sólo algunas propuestas resolutorias (Monserrat, 1998; Pinker, 2000).

Una de las hipótesis sobre las que actualmente se está trabajando, se basa en un modelo mentalista – constructivista (Monserrat, 1998). Según esta concepción la luz recoge información sobre la estructura del mundo físico e impresiona la retina, donde se lleva a cabo la codificación de la información. Estos datos se transmiten a zonas superiores del cerebro por el nervio óptico. Diferentes estadios de un complejo procesamiento terminan reconstruyendo en la mente una cierta representación de la imagen que produce la experiencia perceptiva interna de esa imagen. Por consiguiente, la imagen que vemos sería una representación construida neuronalmente en la mente. Quizá el principal problema de este modelo es que todavía debe explicar cómo se reconstruye la representación terminal de la imagen para permitir la percepción. A su vez, no hay evidencias absolutas de que la imagen se produzca en la mente, aunque según Monserrat (1998) *al menos esta corriente “tiene razón” en parte, porque todo parece indicar que “que algo pasa en la mente” y que ésta actúa decisivamente en “construir” la percepción.*

La visión, de hecho, depende de una manera compleja de las expectativas del observador³ y de su conocimiento previo, así como de la información disponible en el estímulo mismo (Lindsay y Norman, 1977).

Como ya decían Feymann: *“cuando miramos un objeto, vemos un hombre o una cosa; en otras palabras, el cerebro interpreta lo que vemos. Cómo lo hace, nadie lo sabe, y lo hace, por supuesto, a un nivel muy alto”* (Feymann, Leighton y Sands; 1971) Si bien aún hoy se discuten modelos explicativos al respecto en el seno de la ciencia, profundizar en este sentido, escapa a los objetivos que en esta Tesis nos hemos propuesto respecto de la importancia de realizar un análisis científico acerca del proceso de visión de un objeto.

Analizamos, entonces a continuación qué “conocemos” desde el saber científico, puntualmente sobre la percepción del color.

A la luz emitida por cualquier fuente luminosa se la puede analizar por medio de un prisma para determinar su distribución espectral. Una cierta luz puede, por ejemplo, tener mucho “azul”, bastante “rojo” y muy poco “amarillo”, o cualquier otra combinación. Eso es todo muy preciso en el sentido de la física pero el problema es ¿de qué “color” se percibirá la luz?

³ Experimentélo con *Escher* en la portada de esta Tesis

Es evidente que los diferentes colores dependen de alguna manera de la distribución espectral de la luz, pero el problema es encontrar cuáles características de la distribución espectral producen las diversas sensaciones y porqué o cómo se perciben estos colores.

Diferentes espectros pueden provocar la misma sensación de color. Un ejemplo de ello se muestra en la figura 2.20; donde se presentan la composición espectral de distintas radiaciones, que se perciben de un mismo color (Nassau, 1983).

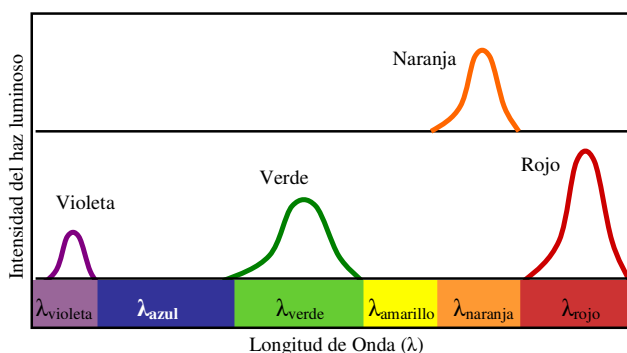


Figura 2.20 Composición espectral de distintas radiaciones que causan la misma sensación de color al interactuar con el sistema visual.

Coexisten hoy distintas teorías científicas respecto de la percepción del color. La más simple de ellas, fue la propuesta por Young en 1810 y reelaborada más tarde por Maxwell y Helmholtz, que es la teoría tricromática (Falk, Brilly Store, 1990; Feymann, Leighton y Sands, 1971; Monserrat, 1998). La esencia de la misma es suponer que existen en la retina tres tipos diferentes de conos, los cuales responden respectivamente a la luz verde, a la azul y a la roja. Cada tipo lo hace dentro de una considerable extensión de longitudes de onda. Los conos para el verde, por ejemplo, pueden responder a luz de longitudes de onda entre los 450 y 675 nm (o sea azul, verde, amarillo, anaranjado y rojo) pero responde al verde con más energía que otro color. El resto de los colores (aparte del azul, verde y rojo) se perciben por estímulos simultáneos de dos o más tipos de conos. La luz amarilla (que es de una longitud de onda de 550 nm) según esta teoría, estimula los conos para el verde y el rojo, con intensidad aproximadamente igual, lo que es interpretada por el cerebro como “amarillo”.

La falta de uno o más de los tres tipos de conos (debido a la ausencia de un gen necesario para la formación de estas células especiales) implica la ceguera para los

colores, llamada normalmente daltonismo (Falk, Brilly Store, 1990; Feymann, Leighton y Sands, 1971; Monserrat, 1998).

Justamente, basándose en los tres tipos de daltonismos conocidos, se determinaron las curvas de sensibilidad de un receptor normal tricromático, que se presentan en la figura 2.22 (Falk, Brilly Store, 1990; Feymann, Leighton y Sands, 1971; Monserrat, 1998)

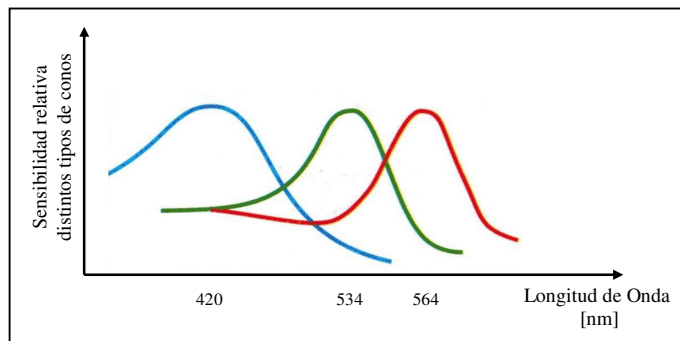


Figura 2.22: Sensibilidad de distintos conos según la longitud de onda de la luz

La percepción de los distintos colores, entonces, y según esta teoría, se produciría por la estimulación generalmente combinada de estos tres tipos básicos de receptores, cada uno con una sensación específica de color.

Pero como mencionábamos con antelación, no es éste el único modelo que ha sido propuesto por la ciencia para explicar la percepción del color, sino que otras interpretaciones más complejas se han abordado (como las de Hering en 1978 y más recientemente De Valois, 1992 que Monserrat (1998) analiza minuciosamente) y se siguen abordando y discutiendo en el seno de la comunidad científica. Pero conforme siga avanzando la construcción del conocimiento científico al respecto, coincidimos con Galili y Hazan (2000) que la teoría tricromática sigue resultando adecuada para dar cuenta de muchas experiencias cotidianas, y consideramos también posible favorecer con la instrucción en educación secundaria obligatoria a que los estudiantes “se acerquen” a ella a la vez que sean concientes que otras maneras de explicar el fenómeno, mucho más complejas por cierto, siguen discutiéndose en el seno de la comunidad científica. Un ejemplo éste que permite visualizar el carácter dinámico y cambiante de este conocimiento y ayudar al alumno a, como dice Bachelar (1985)

aceptar que el aprendizaje de la ciencia es un camino que ha de recorrerse durante toda la vida...*no hay ciencia sino mediante una escuela permanente*, afirma el autor.

Resumiendo. En relación con aquellos aspectos del proceso de visión y percepción del color, sobre los que parecen existir acuerdos más consensuados, podemos rescatar que *sentimos - percibimos* cuando la luz reflejada por el objeto incide en el ojos, donde se producen complejas reacciones química, mediante las cuales la energía lumínica se transforma en eléctrica, capaz de ser transportada por el sistema nervioso hacia el cerebro, y a partir del procesamiento cognitivo de esa estimulación, se interpretaría lo que estamos viendo y el color que estamos percibiendo.

El análisis científico realizado, entonces, nos permite comenzar a vislumbrar la complejidad que implicaría la interpretación y comprensión de los modelos que la ciencia propone para explicar la visión y el color. Un análisis acerca del modo de conocer intuitivo de los estudiantes, nos permitirá concluir sobre dicha complejidad y sobre cuáles serían aquellos procesos de aprendizaje que les permitirían construir un modo de conocer coherente con el saber de la ciencia. A dicho análisis nos abocamos en el siguiente apartado.

2. ¿QUÉ CONOCEMOS SOBRE EL CONOCIMIENTO DE LOS ALUMNOS RESPECTO DE LA VISIÓN Y EL COLOR?

Se han llevado a cabo varios estudios empíricos sobre el tipo de concepciones que utilizan los estudiantes para explicar los fenómenos de visión y percepción del color. Para ello se han implementado diferentes metodologías, que implican estudios de caso, análisis comparativo de las respuestas de alumnos de distintos niveles educativos, estudios pretest-postest. Se han utilizado, con el fin de recoger los datos, diversos instrumentos como son las entrevistas individuales y grupales, el planteamiento de test de múltiples respuestas, la resolución de problemáticas abiertas de manera escrita y/o a través de representaciones gráficas, la realización de mapas conceptuales. A su vez se ha trabajado con alumnos de diversas edades, y con ello diversos niveles educativos, que contemplan desde la educación primaria hasta la universitaria y los maestros en ejercicio. Y sobre todo, se han perseguido diferentes objetivos, que implicaron desde la “mera” (y no por ello innecesaria) identificación de las ideas de los estudiantes, hasta el intento de sistematizar los resultados obtenidos al respecto, categorizando las

concepciones de los alumnos, a fin de hallar indicadores que permitan concluir acerca de cómo evolucionan sus concepciones durante su desarrollo evolutivo y/o la instrucción formal.

Todo esto nos lleva a un panorama complejo y muy disperso, donde a veces resulta dificultoso realizar comparaciones directas entre los resultados obtenidos, debido a las mencionadas diferencias entre las tareas y situaciones utilizadas, la forma de analizar y de categorizar las concepciones de los sujetos y el marco teórico de referencia adoptado para su interpretación .

No obstante vamos a intentar sintetizar los aspectos más relevantes de alguno de los trabajos realizados sobre las concepciones que presentan los estudiantes, en relación al proceso de visión y al fenómeno del color.

Los primeros trabajos realizados sobre esta temática (principalmente en la década del 80) centraron la atención en la detección de los modelos explicativos de los alumnos antes de la instrucción formal. Los autores que trabajaron en esta línea (como Anderson y Kärrqvist,1983; Goulart, Diaz y de Souza Barros, 1989; Guesne, 1989; Sniadek y Bozena,1993; Pesa y Cudmani; 1998) estudiaron cómo explican los estudiantes el proceso de visión y definieron distintos modelos explicativos a partir de la categorización de las respuestas dadas por ellos.

Así, **Guesne (1989)** estudió las ideas de alumnos entre 13 y 15 años de edad que no habían recibido ninguna enseñanza sistemática sobre la luz y la visión. Plantea entonces a los estudiantes, a través de entrevistas individuales, la problemática “¿cómo puedes ver este objeto (caja)?”.

A partir de los resultados obtenidos clasifica las respuestas dadas por los alumnos, en cuatro categorías, que se presentan en la figura 2.23.

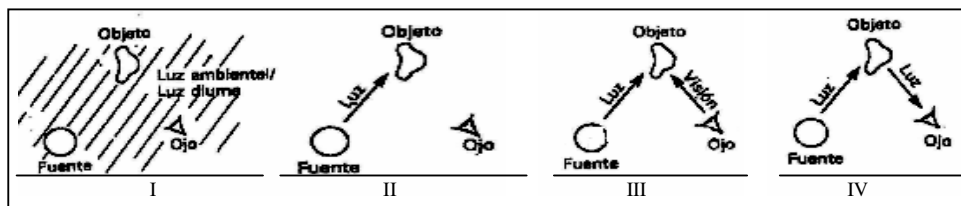


Figura 2.23: Categorías de respuestas halladas por Guesne (1989)

La primera figura representa el “baño de luz”. A partir de esta concepción no se define ningún mecanismo entre el ojo, la luz y el objeto. En el caso de la segunda figura, la necesidad de un mediador entre el ojo y el objeto tampoco es percibida por el niño, pero la luz desempeña un papel más preciso: ilumina el objeto. Este autor halla que estas dos figuras son igualmente representativas de las ideas que mantienen la inmensa mayoría de los niños. Pocos imaginan la “visión” como un movimiento desde el ojo al objeto, como es el caso de la tercera representación. Asimismo Guesne halló que el modelo del físico, presentado en la cuarta figura, raramente corresponde al de los niños, especialmente cuando los objetos no son luminosos en sí mismo, lo que concuerda con la idea de que los niños no tienen establecida la noción de que los objetos reflejan la luz.

Otros autores que también analizaron las ideas de alumnos de 14 años de edad, previo a la instrucción formal, fueron **Anderson y Kärrqvist (1983)**. En su trabajo cuestionaron a los estudiantes acerca de cómo vemos los objetos, a través de una problemática abierta de lápiz y papel.

Encontraron las siguientes categorías de respuestas, (algunas similares a las halladas por Guesne):

1. Nada pasa entre el objeto y el ojo
2. El sistema visual es activo, basta con tener ojos y mirar para ver.
3. La luz es necesaria para ver
4. Algún tipo de rayo (impulso, mirada, vista) va desde el ojo hacia el objeto.
5. Algo va desde el ojo hacia el objeto y vuelve hacia el ojo
6. Algo entra (va hacia) el ojo
 - a. la imagen, el color
 - b. luz

Estos autores interpretan que el origen de estas concepciones radica en el lenguaje que se utiliza habitual y cotidianamente (y a veces también por parte de los docentes en clase) para referirnos a la luz en general y la visión en particular, lo que los lleva a concluir que difícilmente, entonces, los estudiantes se “formen” la idea de que la luz debe llegar a los ojos del observador luego de reflejarse en el objeto, para que pueda verlo.

Goulart, Diaz y de Souza Barros (1989), por su parte, entrevistaron a 80 alumnos de entre 7 y 10 años de edad, antes de que recibieran instrucción formal sobre el proceso

de visión. A partir de un análisis cualitativo de los datos obtenidos, los autores agrupan las respuestas de los estudiantes en tres categorías, que denominan y describen de la siguiente manera:

1. *Modelo Ojo*: es el caso de los modelos 1, 2 y 3 (representados en la figura 2.24) a partir de los cuales se asume que solamente es necesario tener ojos para poder ver.
2. *Modelo Sol*: es el caso de las representaciones 4 y 5 (figura 2.24), a partir de las cuales se asume que basta con que haya luz solar para que se pueda ver.
3. *Modelo físico*: corresponde a la interpretación representada en la figura (6).

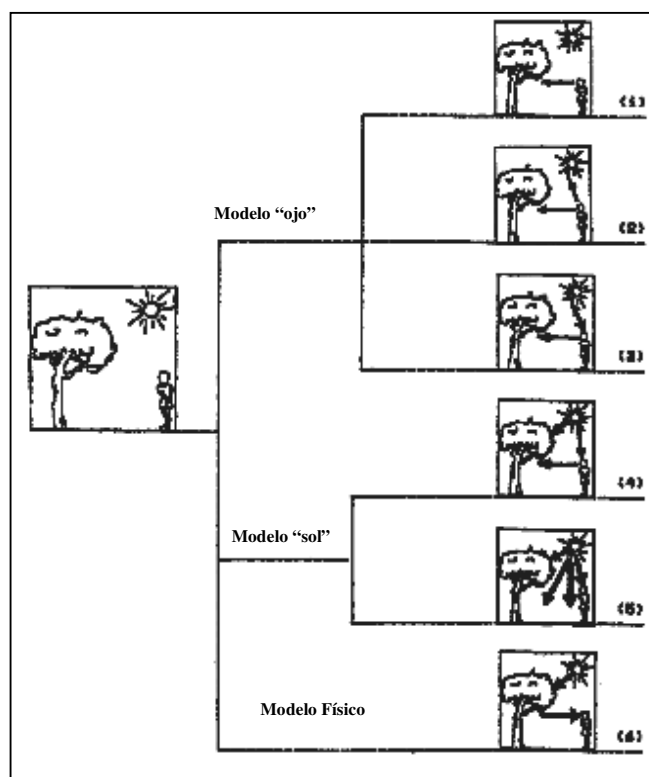


Figura 2.24: Modelos explicativos hallados por Goulant et al (1989)

Estos autores tienen como último objetivo que el docente conozca este tipo de ideas y las tenga en cuenta al momento de enseñar, a fin de diseñar actividades que ayuden a los estudiantes a sustituir su punto de vista original.

Sniadek y Bozena (1993), por su parte, y a través de tres problemáticas abiertas, encuestaron a 349 estudiantes de secundaria, sobre el proceso de visión. A partir del análisis de las respuestas verbales y gráficas que dieron los sujetos los autores identifican seis modelos diferentes:

1. podemos ver el objeto porque está el cuarto iluminado y tenemos ojos.
2. podemos ver porque la luz llega al objeto y nosotros lo miramos
3. la vista llega hasta el objeto.
4. la luz entró en el ojo y hace que nosotros podamos ver el objeto o la luz se refleja en el ojo y luego se dirige hacia el objeto.
5. la imagen, onda o una forma de partícula, llega del objeto al ojo. La información sobre la imagen es transmitida del ojo al cerebro.
6. la luz llega al objeto, se refleja en él y alcance luego el ojo, que forma la imagen del objeto en la retina.

En el nivel universitario, **Pesa y Cudmani (1998)**, investigaron los modelos y formas de razonamiento alternativos (intuitivos o precientíficos) de los alumnos. En un trabajo esencialmente interpretativo analizaron las ideas de estudiantes universitarios de Licenciatura y Bachillerato en Física, que no habían recibido instrucción previa en esta temática. Utilizaron como herramienta de recolección de datos mapas conceptuales y cuestionarios con respuestas justificadas. Hallaron que la mayoría considera un modelo formado por tres elementos básicos: fuente – objeto, emisor y receptor. Al explicar los lazos de unión entre conceptos, los estudiantes no parecen comprender los procesos físicos (por ejemplo la reflexión difusa) y psicofísicos presentes (por ejemplo la percepción del color).

En un intento de ir “más allá” de las ideas iniciales de los estudiantes, autores como Osborne y Black (1993) y Galili y Hazan (2000), no sólo estudiaron las concepciones de los alumnos sobre la visión antes de la instrucción sino que también analizaron sus modelos explicativos luego de que habían recibido educación formal sobre el tema.

Osborne y Black (1993), trabajaron con 64 niños: 31 de edades comprendidas entre los 7 y 9 años y 33 entre 8 y 11 años. Realizaron una exploración piloto utilizando entrevistas, a fin de hallar las ideas de los alumnos antes de la instrucción; implementaron un proceso de enseñanza (que implicó el estudio del fenómeno a través de juegos, experimentos, emisión de predicciones, discusión entre pares, realización de dibujos, pero siempre con la mínima ayuda del docente) y finalmente estudiaron las ideas de los niños luego de la instrucción.

Para estudiar las concepciones de los alumnos, categorizaron las respuestas dadas, analizando si ellas contenían o no “eslabones” entre los elementos implicados en la visión (luz, ojos y objetos) y cuál era la naturaleza de los mismos. Hallaron así cuatro categorías:

1. Niños que no proporcionan ninguna explicación. No incorporan nexos entre la luz, los ojos y los objetos.
2. Niños que proporcionan explicaciones sin eslabones, respondiendo por ejemplo que “los ojos y la luz se necesitan para ver”.
3. Niños que proporcionan explicación en términos de eslabones simples, considerando sólo uno entre el ojo y el objeto (idea de visión activa, veo porque la mirada va hacia el objeto)
4. Niños que proporcionan explicación en términos de eslabones duales. Un número pequeño reconoce los eslabones fuente – objeto y objeto – ojo. Identifican que la “luz es necesaria para ver” y que “necesitamos que nuestros ojos miren el objeto”

Los cambios entre las instancia pre y postet se analizan en función de si aumenta, disminuye o permanece constante el número de eslabones que se establecen ente los distintos elementos. Hallan que, en tanto un número muy bajo de niños llega a compartir la representación de la ciencia, los cambios más significativos implican pasar de no concebir relacionados a los elementos implicados en la visión a relacionarlos a partir de un eslabón simple o doble; o pasan de relacionarlos a través de un eslabón simple a considerar uno doble. Según los autores, estos cambios permitirían reconocer el desarrollo conceptual que los niños experimentan en su comprensión de la visión, el cual sería paulatino en tanto van “incorporando” progresivamente mayor número de relaciones entre los distintos elementos conforme van aprendiendo.

Galili y Hazan (2000), por su parte, pretenden analizar no sólo el conocimiento de los estudiantes, sino también el cambio y reorganización que éste experimenta a lo largo del proceso de enseñanza. Analizan el conocimiento de los estudiantes antes y después de la instrucción (pero con independencia del tipo de instrucción), y organizan dicho conocimiento conceptualmente (y no evolutivamente, en función de la maduración cognitiva del individuo como lo hicieron Selley, 1996 1b y Collins y otros, 1998). Estudian las ideas de 166 alumnos, a través de encuestas escritas, con preguntas cualitativas con formato abierto. 64 de estos alumnos no habían recibido instrucción

previa y los restantes sí. Para generalizar sus conclusiones, estos autores no sólo utilizan los datos obtenidos en este trabajo sino también los propuestos por otros autores. Reconocen ocho facetas de conocimiento (que reflejan las ideas conceptuales representativas de las creencias de los niños) las cuales constituyen lo que los autores denominan el *esquema espontáneo* de visión. Dicho esquema implica concebir que la visión es una actividad realizada naturalmente por el ojo, no existiendo ninguna conexión ente entre el observador y los objetos observados.

Las facetas que constituyen este esquema son ocho:

1. No se reconocen conexión, nexo, relación, entre el observador y el objeto
2. Reconocimiento de los ojos como suficiente para ver (“abro los ojos y miro”)
3. Reconocimiento de la necesidad de dirigir la mirada hacia el objeto, “enfocarlo con la vista”
4. Reconocimiento de que es necesario que el objeto esté en el campo visual del observador
5. Concepción de que el rayo de luz puede verse, siempre que nada bloquee la visión
6. Reconocimiento de que la luz es necesaria para ver
7. Reconocimiento de que es necesario que la luz ilumine el objeto
8. Reconocimiento de que la luz ilumine los objetos para que se produzca la visión de los mismos.

Según estos autores, esta comprensión de visión representa la fase inicial en una sucesión de modelos de complejidad creciente que un individuo adopta conforme se desarrolla su conocimiento. Pero, la instrucción que tradicionalmente se implementa, no conduce a un cambio de este esquema ya que el mismo es usado con una considerable frecuencia tanto antes (64%) como después (47%) de la instrucción.

Los trabajos analizados hasta aquí, tuvieron como último fin *identificar* y *categorizar* las ideas que los estudiantes, de distintas edades y niveles educativos utilizan para explicar el fenómeno de visión. En muchos de los casos, el objetivo fue dejar en claro este tipo de concepciones para “alertar” a docentes y encargados de diseñar los currículum oficiales, sobre qué concepciones tienen los alumnos antes de la instrucción. Se les sugiere que se las tenga en cuenta al momento de decir qué enseñar y al momento de elaborar estrategias de enseñanza que favorezcan el cambio de este tipo

de idea por las científicas. En tanto los trabajos más recientes intentan mostrar la resistencia de las concepciones de los estudiantes y cómo tienden a modificarse con el paso del tiempo y la instrucción

Si bien no se “va mucho más allá” de la identificación de las concepciones que presentan los estudiantes y, en algunos casos, el cálculo de porcentaje de alumnos que comparten uno y otro modelo o la frecuencia con que estos se utilizan, estos trabajos han sido valiosos para reconocer algunos rasgos “comunes” que tendrían dichas ideas.

Si intentamos poner un cierto orden, a partir de las características de esas categorías, más allá de las denominaciones que proponen sus autores o de los aspectos concretos de los problemas estudiados y de las tareas utilizadas, vemos que tienen bastantes elementos en común. En la tabla 2.1 resumimos las características más relevantes de las ideas que, según los resultados de los trabajos analizados, suelen utilizar en mayor medida los estudiantes para explicar la visión.

Modelos explicativos hallados			Autores
No reconocen un mecanismo entre la luz, los ojos y los objetos en el proceso de la visión			Guesne 1989; Galili y Hazan, 2000
Se relacionan de a pares a los elementos involucrados	Ojos y objetos	algo sale de los ojos hacia el objeto	Anderson y Kärrqvist 1983; Delval;1995; Osborne y Black 1993; Siqueira Harres, 1993; Selley 1996
		para ver los objetos solo basta con mirar	Osborne y Black 1993
		los ojos ven el objeto;	Anderson y Kärrqvist, 1983
	Luz y objetos	el objeto es visible cuando hay luz sobre el	Bravo, Pesa y Colombo, 2001; Collins, y otros, 1998; Selley 1996.
algo entra al ojo (imagen, luz, rayo de luz)		Anderson y Kärrqvist, 1983	
No reconocen la reflexión de la luz en los objetos			Guesne 1989; Pesa, Cudmani y Bravo,1995; Pesa y Cudmani 1998
No reconocen la necesidad que la luz llegue al ojo para poder ver.			Bouwens, 1993; Fetherstonhaugh y Treagust, 1992; Pesa, Cudmani y Bravo 1995; Pesa, Cudmani 1998; Verkerk y Bouwens. (1993)
La luz reflejada por el objeto llega al ojo del observador (La mayoría de los autores que detectaron esta idea observaron que se utiliza en niveles muy bajos)			Anderson y Kärrqvist 1983; Sniadek y Bozena, 1993; Guesne 1989; Siquiera Harres,1993, Verkerk y Bouwens, 1993.

Tabla 2.1: Explicaciones intuitivas respecto de la visión

Respecto a la percepción del color, y en esta línea de identificar y caracterizar las concepciones de los estudiantes, los ya citados Anderson y Kärrqvist (1983), Guesne (1989), Verkerk y Bouwers(1993) y Galili y Hazan (2000) no sólo analizaron las concepciones respecto del proceso de visión, sino también de este otro fenómenos de percepción visual.

En tal sentido **Guesne (1989)** halla que los niños *no suelen relacionar espontáneamente el color con la luz. Para ellos es más bien una propiedad intrínseca del objeto, independiente de la luz.*

Anderson y Kärrqvist (1983), en tanto, hallaron ante la pregunta ¿por qué cambia el color de la luz blanca al pasar por un filtro?, respuestas como las siguientes:

- *El filtro causa el cambio de color*
- *La luz es coloreada en el filtro*
- *La luz es refractada en el filtro (el rayo es torcido al atravesar el filtro y llega a ser rojo).*
- *Transmisión selectiva de luz roja (solo la minoría). El filtro deja solamente pasar el rojo.*

Verker y Bouwers (1993) que realizaron una encuesta a 639 alumnos de entre 15 y 18 años de edad, hallaron que para la mayoría de los estudiantes el color es una propiedad puramente del objeto, y en ningún sentido de la luz. Respecto al comportamiento de los filtros, explican que la luz se “pinta” cuando los atraviesa.

Galili y Hazan (2000) hallaron al analizar como ya dijimos no sólo los resultados de sus estudios sino los aportados por otros autores, que los estudiantes comparten un esquema de conocimiento que llamaron *color – pigmento*. Desde el mismo se concibe que la luz y el color son entidades físicas independientes.

Las facetas (las ideas que conforman las creencias de los alumnos) que constituyen este esquema de conocimiento serían ocho:

1. El color se debe a una mezcla de sustancias especiales (pigmentos)
2. Cuando se mezclan las luces de varios colores permanecen separadas
3. Una mezcla de luces coloreadas produce una luz más oscura
4. Cada color en una mezcla se percibe separadamente
5. En una mezcla de colores, el más poderoso prevalece
6. La luz blanca siempre es luminosa y descolorida

7. Los colores son producidos por diferentes brillos

Estos autores advierten que al igual que el esquema *espontáneo de visión*, el esquema *color – pigmento* prevalece antes de la instrucción, pero a diferencia de aquel, disminuye significativamente luego que el proceso de enseñanza se implemente.

A los autores mencionados se suman otros en el afán de estudiar las concepciones de los alumnos respecto del color.

Entre ellos podemos citar a **Feher y Meyer (1992)** quienes trabajaron con 32 niños de entre 8 y 13 años de edad, durante la visita a un museo de ciencia. A través de entrevistas individuales analizaron las ideas de estos alumnos al predecir y explicar resultados experimentales, que implicaron el cambio de color percibido en distintos objetos debido a la modificación de la fuente de luz (blanca y amarilla).

Hallaron que las ideas de los estudiantes podían agruparse en cinco categorías:

1. La luz coloreada no tiene efecto sobre el color del objeto.
2. La luz coloreada es oscura y oscurece el color de los objetos.
3. Se mezcla el color de la luz con el del objeto.
4. La luz coloreada da su color al objeto
5. Miscelánea (*los objetos parecerán un poco diferentes*)

La concepción dominante, en función de la frecuencia con que fue hallada implica asumir que “*el color de los objetos es una propiedad de los objetos que se mantiene bajo luz blanca*” y “*la luz coloreada es oscura y contiene color que puede mezclarse con el del objeto*”.

Chauvent (1996) en Francia y Salinas y Sandoval (1996) en Argentina, que trabajaron con estudiantes universitarios de carreras de artes y científicas, respectivamente hallaron resultados muy similares a los presentados con antelación y que involucraban a jóvenes de educación primaria y secundaria.

Chauvent (1996; 2002; Viennot y otros, 2005), analizó las respuestas que 60 estudiantes (que no habían recibido todavía instrucción formal en el nivel universitario) dieron a las preguntas planteadas en entrevistas semi-estructuradas y cuestionarios de lápiz y papel. Halló que el significado que comúnmente los alumnos otorgan a la palabra “color” es equivalente al de “materia coloreada”. Así el color rojo, por ejemplo, es entendido por lo estudiantes como pigmento rojo. Incluso ante la situación experimental donde se utilizan luces coloreadas, los alumnos piensan en el color sólo en

términos de la materia. Así, ante la mezcla de luces coloreadas, los estudiantes aplican las reglas asociadas a la síntesis sustractiva conocida por la práctica de mezclar pigmentos. Ante la pregunta ¿“dónde se crea el color”? un tercio de los estudiantes parecen negar completamente el papel del sistema visual y de la luz difundida. Concepciones éstas que tienden a seguir siendo usadas por los estudiantes aún luego de la instrucción tradicional.

Salinas y Sandoval (1996), en tanto, trabajan con 42 alumnos de ciclos básicos de carreras de ingeniería que ya habían recibido instrucción en óptica. A partir de cuestionarios de lápiz y papel se les preguntó acerca de porqué se ve un objeto de determinado color, de qué color se vería si lo ilumina con luces coloreadas, que vería si entre el ojo y el objeto interpone filtros y cómo podría obtener luz roja, por ejemplo, usando filtros. En todos los casos se les solicita a los estudiantes que justifiquen sus respuestas. Hallaron que ante fenómenos analizados explícitamente en la instrucción (como percepción del color de cuerpos opacos y cambio de percepción por cambio de la luz incidente) los alumnos aplicaron los modelos de la ciencia. Pero ante situaciones “nuevas”, como lo fue interpretar el cambio de percepción del color de un objeto, por el uso de filtros los estudiantes tienden a reemplazar los modelos de la ciencia por otros no científicos que elaboraron espontáneamente en sus experiencias cotidianas. Modelos éstos que implican por lo general asumir que los filtros “*limitan, filtran el paso del color que los caracteriza*”. Es decir que, en última instancia recurren a una idea que implica considerar que el color es una propiedad de la materia.

Nuevamente, se pueden observar rasgos comunes en los resultados arribados por los distintos autores, en relación a las concepciones de los estudiantes de diversas edades y formaciones académicas, tal como se resumen en la tabla 2.2.

El aspecto que todos dejaron en evidencia es que los alumnos *no suelen relacionar espontáneamente el color con la luz. Para ellos es más bien una propiedad intrínseca del objeto, independientemente de la radiación lumínica*. Esto conlleva, por ejemplo, a que conciban que los cuerpos cambian el color de la luz, porque sus colores se mezclan.

Modelos explicativos hallados		Autores
El color es una propiedad de la materia		Anderson y Kärqvist (1983) Guesne,1989 ; Chauvent,1996; Viennot, 2002; Viennot y otros, 2005 ; Feher y Meyer, 1992; Galili y Hazan, 2000 ; Salina y Sandoval, 1996; Verker y Bouwens, 1993.
El Color y los filtros	El filtro causa el cambio de color	Anderson y Kärqvist (1983)
	La luz es coloreada en el filtro	
	limitan, filtran el paso del color que los caracteriza	Salinas y Sandoval (1996)
El color y la luz incidente coloreada	luz coloreada es oscura y contiene color que puede mezclarse con el del objeto.	Feher y Meyer (1992)

Tabla 2.2: Explicaciones intuitivas respecto del color.

Pero la investigación educativa ha intentado “ir mas allá” de la identificación y categorización de las concepciones de los estudiantes. En tal sentido, algunos autores, como Selly (1996) y Collins y otros (1998) han estableciendo niveles jerárquicos en las categorías halladas e identificado posibles líneas de progreso entre ellas, con el objetivo de plantear hipótesis explicativas respecto al desarrollo de los conocimientos de los estudiantes en relación a la visión.

En tal sentido, **Selley (1996)** estudia el desarrollo longitudinal de las ideas de los niños respecto de la luz y la visión, desde los 9 a los 11 años. No se implementa una instrucción formal sino que se analizan las concepciones conforme avanza el desarrollo evolutivo de los niños. A través de dibujos, respuestas escritas a las problemáticas planteadas y entrevistas en pequeños grupos, estudia las ideas de un grupo de niños (N=22) cuando tenían 8 – 9 años de edad (1° fase del trabajo), luego cuando tenían 10 años (2° fase) y finalmente a los 11 años (3° fase). A partir de los modelos hallados y las edades en que los mismos fueron “apareciendo”, Selley propone que el desarrollo conceptual de los niños se produciría por el paso de categorías según lo muestra la figura 2.25

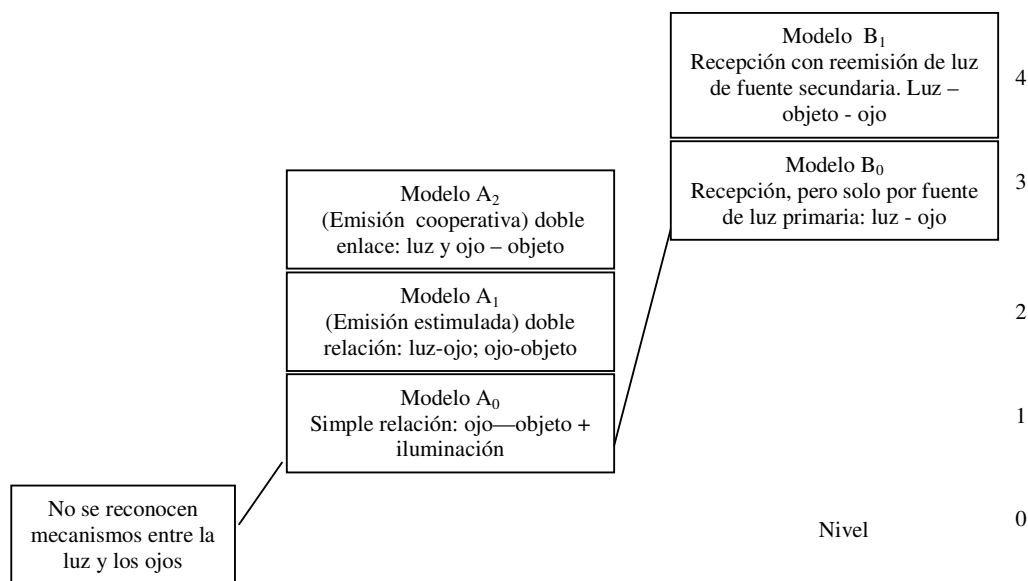


Figura 2.25: Desarrollo conceptual propuesto por Selley 1996

Este autor propone entonces que el primer modelo que los niños comparten es puramente fenomenográfico e implica el reconocimiento de las condiciones necesarias para ver (tener los ojos abiertos y que exista algún tipo de iluminación).

Aproximadamente a los 8 – 10 años adoptarían un modelo mecanicista de emisión o vista activa reconociendo que una entidad física viaja en línea recta entre el objeto y el ojo. A partir de los 9 años o más, el conocimiento de los niños progresa desde el modelo A₁ hacia el A₂ y/o B₀. El primero implica asumir que para ver es necesario que llegue al objeto dos rayos, uno proveniente del ojo y el otro de la fuente de luz. Este modelo es el más aceptable por los niños, que el de recepción o el de emisión simple porque satisficaría dos requisitos esenciales: el reconocimiento que para ver hay que mirar, dirigir la mirada o enfocar el objeto y la inferencia lógica, que surge del experimento simple, que es el objeto y no el ojo el que tiene que ser iluminado. El segundo modelo (B₀) implica reconocer un mecanismo de recepción básico que conlleva a asumir que vemos cuando la luz llega a los ojos, pero se utiliza sólo para explicar la visión de las fuentes primaria.

Es probable, según este autor, que estos últimos modelos coexistan hasta llega a dar el “gran salto” hacia el modelo B₁ que implica aceptar la idea de que la luz proveniente del objeto debe llegar al ojo para poder ver. Pero Selley reconoce este “salto” como dudoso y poco probable ya que ni los adultos suelen utilizarlo.

En función de estos resultados, entonces, recomienda al maestro que mediante la instrucción ayude al alumno a repasar y mejorar sus ideas, concibiéndose que el cambio sería más fácil si implica la expansión de la “torre” (así llama el autor a la organización de los conocimientos propuestos en la figura 2.27) que si se requiere de una nueva.

Por su parte, **Collins y otros (1998)** trabajaron con 144 estudiantes de educación primaria y secundaria, analizando los elementos involucrados en la conceptualización que ellos presentan en relación a la visión y emiten una hipótesis sobre la estructura de su desarrollo. A través de encuestas escritas (que involucran preguntas abiertas y test de respuestas múltiples) y entrevistas, analizaron las relaciones que los alumnos de distintas edades establecen entre la luz, los ojos y los objetos, estudiando tres tipos de conexiones: luz – ojos, ojo – objetos y luz – objeto.

Proponen entonces que el desarrollo del conocimiento de los niños implicaría el paso de un nivel “concreto sensorial”, hacia otro “concreto simbólico”. Inicialmente el conocimiento de los alumnos respecto de la visión implica atender a sólo uno de los elementos involucrados en la visión (luz, objeto u ojo). En una segunda etapa, se comienza a procesar los elementos en sucesión: luz – ojos (el ojo necesita luz para ver); luz – objeto (el objeto se vuelve visible al ojo porque llega luz a él); objeto – ojo (el ojo mira el objeto y entonces lo ve). En una tercera etapa, los tres elementos se relacionan en un todo integrado, reconociendo que vemos porque los ojos miran el objeto que está iluminado.

Este primer nivel “concreto sensorial”, está caracterizado por un conocimiento relacionado con lo que se percibe o siente directamente y es la intuición la herramienta básica del razonamiento empleado. Pero en un determinado momento, este modelo se vuelve inadecuado para explicar alguna situación o elaborar explicaciones más sofisticadas, y entonces habría una instancia de transición que daría paso al segundo nivel: “concreto simbólico.”

En este nuevo estadio, se comienza a concebir que “tanto la luz como la vista deben llegar al objeto para ver”, concepción que luego dará origen a la idea de que la luz debe llegar al ojo para ver. Se empieza también a asumir que la luz se propaga llegado al objeto e iluminándolo, lo que dará lugar con el tiempo a la noción de que la luz se refleja en el objeto. Finalmente también aparece la idea de que la luz viaja desde los ojos hacia el objeto y nuevamente hacia los ojos, idea que posteriormente conducirá a la construcción de la noción de que la luz viaja del objeto al ojo.

Selley y Collins y otros, entonces, proponen una secuencia de desarrollo del conocimiento de los estudiantes, como consecuencia de su desarrollo evolutivo y cognitivo, y de su interacción con el mundo físico (a través de la experiencia) y social (a partir del lenguaje compartido) que lo rodea. Pero no queda claro en estas propuestas, cómo y por qué los individuos llegarían a compartir el conocimiento más abstracto y coherente con el de la ciencia, y a su vez, por qué por lo general (y esto a la luz de los resultados analizados con antelación) aún los estudiantes universitarios no tienden a utilizarlo. A su vez, si bien estos autores proponen que en la instrucción se tenga en cuenta el desarrollo descrito por cada uno para propiciar un aprendizaje paulatino, no estudian qué ocurre durante ese proceso en un contexto de enseñanza formal. Es decir cómo se modifican las concepciones de los estudiantes debido a la instrucción.

Fetherstonhaugh y Treagust, (1992), García y Martínez (2005), Chauvent (1996, y Kaminsky 2000; en Viennot y otros, 2005); Bravo, Pesa y Colombo (2001), sí realizaron propuestas de instrucción y analizaron su efecto sobre el modo de conocer de los alumnos en relación al proceso de visión y de percepción del color.

Así, **Fetherstonhaugh y Treagust (1992)**, diseñan e implementan una propuesta de enseñanza, basada en la metodología por conflicto cognitivo (cuyo sustento teórico es el modelo de aprendizaje por cambio conceptual propuesto por Posner). Realizan el estudio con un grupo de 20 alumnos de educación secundaria (edades comprendidas entre los 13 y 15), bajo un diseño experimental pretest, posttest, posttest demora, sin grupo control. La atención de este trabajo está puesta en el porcentaje de alumnos que llegan a compartir, luego de la instrucción, la Idea Científicamente Aceptable acerca de problemáticas concretas como por ejemplo: ¿es necesaria la luz para que los humanos puedan ver?; ¿es necesaria la luz para que los gatos puedan ver?; ¿cómo vemos nosotros?, entre otras

En función de la disminución de los porcentajes de alumnos que comparten las ideas incorrectas, y el aumento en el compartimiento de las científicamente aceptadas, estos autores concluyen que *el método de instrucción aplicado parecería tener éxito propiciando el cambio de las ideas de muchos estudiantes sobre la mayoría de las situaciones planteadas respecto del proceso de ver.*

Vale observar que en este trabajo se evaluaría si los alumnos contestan correctamente a situaciones concretas, mas que si han construido un modelo sistémico respecto de la visión.

García y Martínez (2005), en tanto, se basan en un modelo de enseñanza por investigación dirigida. Para diseñar la enseñanza atienden, en función de los aportes realizados por otros autores, a los obstáculos relacionados con el saber inicial de los estudiantes y relacionados con: 1.- Creer que es posible ver un objeto sin que llegue luz al ojo procedente de él; 2.- No considerar que los objetos iluminados son emisores de luz; 3.- No considerar que la luz existe independiente de la fuente y del ojo, y que viaja en el espacio.

Diseñan un trabajo pre – postest, con grupo control y grupo experimental (no habiendo control de las condiciones iniciales). Los grupos control sin instrucción (que conforman la instancia pre test), pertenecen a 2° y 3° año de Educación Secundaria Obligatoria (ESO); los otros grupos control que conforman la instancia postest, pertenecen a 2° año de ESO y 2° año de Bachillerato. En éstos últimos se había implementado la metodología de enseñanza que tradicionalmente se utiliza para enseñar las temáticas implicadas. El grupo experimental pertenece a 2° y 3° año de la ESO, donde se implementa la propuesta diseñada por los autores. Se testean también las ideas de un grupo de 4° año de la ESO que respondieron a las problemáticas propuesta un año después de culminado el tratamiento experimental. Analizando el porcentaje de alumnos que compartieron las concepciones enunciadas con antelación (puntos 1.-, 2.- y 3.-) luego de la instrucción en los grupos control y experimental, llegan a la conclusión que la propuesta diseñada produce mejoras sustanciales respecto a la enseñanza habitual.

Nuevamente en este trabajo mas que evaluarse si los estudiantes han construido un modelo sistémico respecto de la visión, parece evaluarse si contestan correctamente a determinadas situaciones.

Respecto a la percepción del color, **Chauvent (1996, y Kaminsky, 2000; en Viennot et al 2005)** que como ya hemos comentado, trabajó con alumnos universitarios de carreras de arte, diseña una propuesta de enseñanza sobre el color, cuya secuencia de instrucción está constituida por tres fases: Fase 1: se estudia el proceso de adición de luces; Fase 2: se analiza el fenómeno de sustracción: filtros y pinturas; Fase 3: síntesis. Se estudia la percepción de objetos coloreados iluminados por luces coloreadas.

Durante la implementación se propone a los alumnos razonar sobre situaciones simples, se realizan actividades experimentales a fin de que puedan realizar predicciones y comprobaciones, se hacen preguntas intentando que los estudiantes expresen sus propias ideas. En todo momento se les pide que utilicen sus concepciones

para predecir, justificar, y luego que verifiquen e interpreten sus predicciones a la luz de los resultados experimentales. El rol del docente es de guía y apoyo para que los alumnos se den cuenta de la estructura conceptual propuesta.

Luego de un año de implementada la instrucción, el autor analiza en el grupo donde fue implementada y en un grupo control (donde se implementó una enseñanza tradicional) las concepciones utilizadas por los estudiantes, cuando se enfrentaron a problemáticas que tenían un tenor físico, uno tecnológico o implicaba el uso del sistémico modelo de la ciencia, para explicar el color. Halló que sólo el grupo experimental tuvo un nivel igualmente alto en cada dominio específico comparado con los grupos control. Pero sólo éste grupo tiene una visión integral del fenómeno del color, que implica concebir que “la fuente emite luz, el objeto la transforma y al llegar al ojo y sistema visual se percibe un color”

Por su parte, **Bravo, Pesa y Colombo (2001)** trabajaron con 200 maestras durante un programa de capacitación, mediante el cual se diseñaron e implementaron actividades de reconstrucción colectiva de contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales referidos a la visión y a la percepción del color. Las actividades realizadas estuvieron centradas en tres interrogantes: ¿cómo se comportan los materiales cuando incide luz sobre ellos?, ¿porqué vemos lo que vemos?, ¿de qué depende el color de un objeto?. Las actividades propuestas formaban parte de una estrategia de enseñanza aprendizaje que incluyó: identificar las ideas previas de los maestros; puesta en cuestión de las mismas mediante situaciones problemáticas teórico- experimentales concretas; explicitación, toma de conciencia y reflexión tanto de las propias ideas y de los modos de razonar, como la persistencia de los mismos; discusión colectivas guiadas y orientadas por los docentes coordinadores respecto a las características de teorías científicas que expliquen los fenómenos observados: contenidos empírico, poder explicativo, capacidad para hacer predicciones...

Analizaron las concepciones de las maestras antes y después de la instrucción, categorizando sus respuestas en correctas, incompletas, incorrectas y no responde o no justifica. Hallaron que inicialmente, la mayoría de los participantes responden incorrectamente. Consideran así que para ver es suficiente un ambiente iluminado; el color es una propiedad de la materia; el efecto de un filtro es “sumar” o “agregar” color a la luz incidente. Finalmente, un 10% de las maestras explican en forma correcta y completa el proceso de visión de los objetos y la percepción del color. Un 50%

considera al menos el proceso físico involucrado: la reflexión difusa (pero no atienden al aspecto perceptual). La idea de que el filtro “agregue” color a la luz incidente se mantiene en un porcentaje similar al cuestionario inicial.

Las autoras entonces advierten que si bien un 60% alcanza un aprendizaje satisfactorio, (10% explica en términos de la ciencia y el 50% sólo en términos de interacciones luz – materia) la construcción de un paradigma más científico a partir de los conceptos cotidianos implica cambios profundos, lentos y complejos.

Vale observar que en estos dos últimos trabajos (y a diferencia de los dos analizados con inmediata antelación) sí se intenta potenciar con la instrucción la construcción del modelo sistémico que la ciencia propone para explicar los fenómenos de visión y percepción del color.

Los trabajos analizados han sido un invalorable intento de ir más allá de lo que hasta el momento se venía realizado con la investigación educativa, esto es, intentar ir más allá de identificar y categorizar las concepciones que comparten los alumnos o proponer un desarrollo de su conocimiento espontáneo.

Pero consideramos que hay todavía muchos “puntos pendientes” por estudiar. Esto dado que los trabajos analizados en general, atienden principalmente al *tipo* de idea que los alumnos comparten antes y después de la instrucción, esto es, analizan la componente más bien conceptual de estas concepciones, pero ...¿qué características subyacentes tienen los modelos explicativos?... ¿cuáles son los obstáculos, relacionados con la naturaleza de su saber intuitivo, que dificultan el aprendizaje de la ciencia?... ¿la utilización de los distintos modelos hallados es una cuestión de todo o nada o los alumnos pueden utilizar unos y/o otros en distintos contextos?... ¿los alumnos utilizan distintos tipo de conocimiento para explicar la visión y para explicar el fenómeno del color, sin llegar a interpretar que ambos son procesos perceptivos?

A su vez, los trabajos realizados y analizados hasta aquí no abordan, estudian, muestran cómo aprenden los alumnos, cómo cambia durante la instrucción su modo de conocer... ¿realmente cambia?... ¿es posible una regresión en la utilización de las concepciones? ...¿cómo evoluciona su modo de conocer desde sus representaciones iniciales hacia otras más coherentes con las de la ciencia?.

Las cuestiones planteadas, como ya hemos dicho, tienen especial relevancia no sólo desde una perspectiva teórica sino también desde el trabajo práctico a la hora de diseñar estrategias de instrucción eficaces. En tal sentido...¿cómo favorecer con la

práctica el aprendizaje de los alumnos respecto de la visión y el color?...¿qué características deberían tener las propuestas diseñadas?. Son estos interrogantes los que nos llevaron a plantear esta Tesis.

En los próximos capítulos presentaremos formalmente los problemas e hipótesis de trabajo que guiaron nuestra investigación, como así también las características metodológicas subyacentes.

Por ahora, seguimos con la intención de esclarecer la complejidad que implica aprender los modelos que la ciencia propone para explicar la visión y la percepción del color. Intentaremos entonces ir más allá de los modelos propuestos por la ciencia y de las explicaciones elaboradas desde el saber intuitivo. Intentaremos, interpretar el modo de conocer compartido en cada contexto.

3. UNA MIRADA DIFERENTE A LAS CONCEPCIONES INTUITIVAS Y CIENTÍFICAS. Los principios ontológicos, epistemológicos y conceptuales subyacentes.

En ese intento de ir “más allá” de los modelo explicativo en sí mismos, que se proponen y utilizan desde el saber intuitivo y el científico, presentamos en esta sección nuestra interpretación teórica de los mismos, la cual implica reconocer las características ontológicas, epistemológicas y conceptuales que a ellos subyacen, como así también los modos de razonar que se activan en cada contexto. Finalmente proponemos cuáles serían, desde esta óptica teórica, los procesos de aprendizaje que la instrucción debería favorecer para que los alumnos construyan paulatinamente un modo de conocer cada vez más coherente con el de la ciencia.

El análisis realizado en el punto 1 de este capítulo, deja en evidencia la complejidad que implica explicar la visión y la naturaleza y percepción de los colores desde un punto de vista científico, ya que para ello se debe atender a una multiplicidad de variables e interrelaciones y a complejos procesos que se producen cuando la luz interacciona con la materia (objeto o sistema visual). Procesos e interacciones que, como analizamos en el punto 2, no suelen ser reconocidas intuitivamente por los estudiantes.

Siguiendo, entonces con la caracterización de las maneras de conocer que proponemos en este trabajo (desarrollada en el capítulo I), el análisis realizado con

antelación nos lleva finalmente a describir a la concepción científica propuesta para explicar los fenómenos de percepción visual, a partir de principios ontológicos, conceptuales y epistemológicos de interacción, sistema y constructivismo (Bravo y Pesa, 2005; Bravo, Cocconi, Pesa, y Pozo, 2006). Esto asumiendo que:

- Por lo analizado hasta el momento, podríamos sintetizar el modelo científico respecto de los procesos de visión y de percepción del color, considerando que para que éstos ocurran, la luz debe interaccionar con el objeto a ver, produciéndose los procesos de absorción, reflexión y transmisión selectiva, y que la radiación reflejada difusamente y/o transmitida debe luego incidir en el sistema visual para que se desencadenen una serie de reacciones químicas, que luego de transformarse en estímulos nerviosos deben llegar al cerebro para que podamos interpretar lo que estamos viendo o el color que percibimos. Según lo analizado en el capítulo anterior, podemos concebir que a una concepción con estas características subyace un principio conceptual de interacción.
- A su vez, a partir de este modelo se debe asumir que la luz, el sistema visual y el objeto forman parte de un sistema y que la explicación de los fenómenos mencionados, en el contexto de la ciencia, “sólo es posible” si se reconocen a los tres elementos de manera íntegramente relacionada. Esto es, no es suficiente pensar en que la luz debe iluminar el objeto para poder verlo o que el objeto refleja selectivamente la luz por lo que se lo ve de un color o que para ver el cuerpo con claridad debemos dirigir los ojos hacia él. Por el contrario, luz – objeto y sistema visual forman un complejo sistemas de interacciones y por ello concebimos que a esta concepción subyace un principio ontológico de sistema.
- Finalmente, asumir que a las concepciones analizadas subyacen modelos abstractos, que involucran aspectos que van más allá de lo que dictan los sentidos, modelos que propone complejas interacciones entre la luz y la materia, que representan la realidad pero no son la realidad misma, conlleva la construcción de un conocimiento que implica la superación del realismo ingenuo, principio epistemológico característico del conocimiento intuitivo.

Respecto de los modos de razonar que se utilizan desde el saber científico, cada vez que se elabore una explicación a un problema que involucre los fenómenos de visión y percepción del color, se deberá atender a las tres variables involucradas (luz – sistema visual – materia) por lo que conllevará la activación de un razonamiento

pluriconceptual. A su vez, al asumir los efectos mutuos entre estos elementos, lo que implica no reducir el análisis a cambios locales o realizar deducciones directas, se podrá en juego un modo de razonamiento sistémico no reduccionista (Bravo y Pesa, 2005; Bravo, Cocconi, Pesa, y Pozo, 2006).

Estas características del pensamiento científico, difieren sustancialmente de los que subyacen a las ideas intuitivas que se construyen cotidianamente respecto de las temáticas estudiadas.

En tal sentido, y partir del análisis realizado en el punto 2 pudimos observar que los alumnos tienden a interpretar intuitivamente el color como una propiedad intrínseca de la materia, o como una sustancia presente en el objeto el cual simplemente vemos mientras que haya luz y el observador lo mire. A su vez, no suelen reconocer espontáneamente las interacciones que se producen entre los objetos, el sistema visual y la luz para explicar la visión, o si lo hacen suelen relacionarlas parcialmente y de manera no coherente con la de las ciencias

Así, el conocimiento intuitivo respecto a estos procesos perceptivos podría caracterizarse a partir de un principio conceptual de estado, en tanto el color se interpreta como una consecuencia de las características del cuerpo, o en el mejor de los casos también de la luz, pero sin relacionar estas variables a la hora de explicar la percepción; y en igual sentido al proceso de visión se lo explica a partir de considerar, simplemente, que tenemos ojos y/o “hay” luz. El principio ontológico subyacente sería por lo general de hecho o dato, dado que se explica el color como una propiedad aparentemente “observable” de la materia y la visión como consecuencia del acto de mirar o de que “haya luz en la habitación”. Finalmente subyacería a este tipo de pensamiento un principio epistemológico de realismo ingenuo en tanto se acepta que “el mundo es tal como lo vemos y se sume entonces que lo que no se percibe no se concibe”. En tal sentido se asume que se ve porque tenemos ojos o el sentido de la vista, y una remera es roja porque fue hecha o teñida de esa manera. (Bravo y Pesa, 2005; Bravo, Cocconi, Pesa y Pozo, 2006).

Guiado por las concepciones analizadas y los principios subyacentes implícitos, a partir del conocimiento intuitivo suele hacerse uso de modos de razonar diferentes a los propuestos por la ciencia, cuando se elaboran explicaciones que involucran a los fenómenos de visión y percepción del color.

Como expresan Salinas y Sandoval (1996) los alumnos por lo general activan razonamientos mono conceptuales, concibiendo generalmente la dependencia del fenómeno analizado a una sola variable (por ejemplo la naturaleza del cuerpo para explicar el cambio de la percepción de un color y la importancia del ojo para explicar la visión). En el mismo sentido, no se consideran efectos mutuos entre distintos elementos presentes en la situación, reduciendo el análisis a cambios locales o a deducciones directas (así asumen por ejemplo respecto del color que si se pinta el objeto simplemente éste “cambia su color, adquiriendo el de la pintura” y respecto de la visión si se cierran los ojos simplemente no se ve.) haciendo uso de un razonamiento no sistémico. A su vez, se atiende más a las propiedades que a las funciones de los elementos en juego en la situación analizada y se elaboran explicaciones que implican afirmar por ejemplo que “el filtro le cambia el color a las cosas”, con lo que se estaría poniendo en juego un razonamiento reduccionista ya que no se atiende a la función de la luz, los objetos y el sistema visual en el proceso analizado, sino a alguna aparente propiedad “observable” que tendría algunos de ellos (el filtro en el caso de nuestro ejemplo).

Es decir, desde el conocimiento cotidiano por lo general no se atiende a todas las variables involucradas en los procesos de visión y percepción del color ni se las relacionan, y si se lo hace, es sólo parcialmente activando un razonamiento que puede caracterizarse como mono conceptual, no sistémico y reduccionista.

Todos los aspectos analizados son indicadores de que el paso del conocimiento de sentido común al científico involucra cambios que trascienden lo conceptual y que resulta indispensable atender también al resto de los aspectos (principios ontológicos, epistemológicos y conceptuales, y modos de razonar asociados) que caracterizan una y otra manera de conocer, a fin de propiciar el aprendizaje de las ciencias (Pozo, 2001).

Así lo hemos podido también observar en el trabajo de investigación exploratorio realizado previo a esta Tesis. Dicho trabajo tuvo como último objetivo indagar cuáles fueron los distintos modelos explicativos compartidos por los grupos de estudiantes, conforme avanzaba la instrucción formal longitudinal. Describimos en el siguiente punto con mayor minuciosidad el mencionado trabajo exploratorio, y analizamos los resultados más representativos que nos permitieron plantear varias de las hipótesis implicadas en la presente Tesis, como así también, guiaron el diseño de la propuesta didáctica cuya potencialidad aquí se evalúa.

4. EL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EXPLORATORIO.

4.1. Origen del trabajo exploratorio

Tradicionalmente la óptica ha sido una de las grandes temáticas marginadas de los programas escolares de ciencias (Perales,1994). Al momento de secuenciar contenidos, el profesor lo ha hecho por lo general dejando de lado esta temática. Pero, como dice el mencionado autor (Op. Cit) dada la significatividad de este tema para los alumnos, se pone de manifiesto una de las más dramáticas paradojas de la educación formal: el no saber dar respuesta a lo que la sociedad demanda de sus miembros, el vivir de espaldas al vertiginoso desarrollo científico y tecnológico, el no dotar al alumno de las herramientas cognitivas para entender lo que sucede a su alrededor.

Probablemente, el hecho de no seleccionar temáticas como la visión y el color para ser abordadas en educación secundaria, radique en que el estudio de estos fenómenos requieren de un abordaje interdisciplinario y un docente capaz de atender a los modelos propuestos por la Física (que explica la naturaleza de la luz, su interacción con la materia, la formación de imágenes), la biología (que interpreta el funcionamiento del ojo), la psicología (que intenta interpretar la percepción del objeto y el color) (Galili y Hazan, 2000). Claro que es difícil y hasta poco sensato, requerir a un docente que sea *especialista* en tan *diversas* disciplinas. Pero, sí se podría esperar un “recorte” apropiado de este conocimiento tan abstracto, para que sea abordado en educación secundaria los modelos propuestos por las ciencias respecto de la visión y los colores (la importancia de su abordaje fue arduamente discutida en la introducción de esta Tesis).

Pero la ciencia escolar no debería implicar (como tradicionalmente suele suceder) identificar el color con la longitud de onda o como prisionero de la materia, sino como una respuesta perceptiva del sistema visual a una luz que a su vez es transformada por la materia (Viennot, 2002). Respuesta perceptiva ésta que aunque no se analice con profundidad en la educación obligatoria, su reconocimiento explícito permitiría a los alumnos comenzar a concebir a este proceso como uno subjetivo.

En el mismo sentido, y al analizar la visión, se debería otorgarle al sistema visual un papel principal (y esencialmente diferente del que se le otorga desde el saber intuitivo). Las investigaciones han mostrado que en los razonamientos de los adolescentes e incluso de los adultos, incluidos profesores, el papel del ojo y sistema visual en la visión se tiene en cuenta de forma muy incompleta. De ahí la necesidad de un trabajo explícito y apremiante sobre este punto (Viento, 2002)

Pero ocurre que tradicionalmente, cuando se abordan estas temáticas en clase de ciencias en educación secundaria, la instrucción sólo suele usar los modelos de la ciencia física para explicar estos fenómenos, analizando la interacción luz – materia y/o asociando el significado del color, con la frecuencia o longitud de la onda de la luz, pero dejando de la lado el rol del sistema visual (Pesa y Cudmani, 1993, Galili y Hazan, 2000; Viennot, 2002; Viennot y otros, 2005) o se lo aborda desde un punto de vista netamente biológico, dejando de lado las interacciones que ocurren en el mundo físico.

Todos estos aspectos conllevarían a los resultados hallados en los distintos trabajos de investigación analizados, que básicamente revelan que las concepciones de los estudiantes no suele “corresponderse” con las explicaciones científicas de los fenómenos, incluso cuando ellos han estudiado el tema previamente (Collins y otros, 1998). La instrucción tradicional tiende a afianzar estas dificultades cuando ignora al observador. (Pesa y Cudmani 1993)

Pero a su vez, y tal como propone Delval (2004) en la instrucción tradicional se suele proceder como si el alumno tuviera la mente completamente en blanco y simplemente se tratara de explicarle las ideas correctas que inmediatamente abrazará con entusiasmo. Esto conlleva a no atender a la brecha ontológica, epistemológica y conceptual que “separa” al saber de la ciencia y el intuitivo, y entonces, se suele presentar el modelo de la ciencia escolar, de forma “completa y acabada” al comienzo de la instrucción, sin otorgarle al estudiante el tiempo necesario, para interpretar su propio modo de conocer, compararlo críticamente con el de la ciencia, interpretar lo que ésta propone, analizar los contextos de uso de cada modo de conocer, concebir las diferencias existentes entre ambas maneras de representar el mundo y por ende resolver problemas que éste nos ofrece. Esto suele conllevar a que los alumnos “aprendan” los modelos de la ciencia por repetición y realicen declaraciones del mismo sin que tenga algún sentido para ellos (Selley 1996, 1a). Así, lo único que el alumno aprende es que cuando le preguntan en la escuela tiene que contestar de una determinada manera pero que tiene que pensar de otra forma en su vida cotidiana (Delval, 2004).

Intentando superar la situación descrita, diseñamos en el marco del trabajo de investigación exploratorio, una serie de intervenciones áulicas con el objetivo de promover un paulatino aprendizaje del saber de la ciencia sobre los fenómenos mencionados, en estudiantes de educación primaria y secundaria obligatoria.

4.2. Las características metodológicas de las propuestas de enseñanza.

Las intervenciones áulicas diseñadas fueron implementadas con un grupo de estudiantes mientras cursaban los tres últimos años de su Educación Primaria (entre 9 y 11 años de edad) y los tres años de Educación Secundaria Obligatoria (entre 12 y 15 años de edad).

En concordancia con lo analizado con antelación y atendiendo a nuestra concepción acerca de qué significa aprender ciencias y cuáles serían las estrategias que favorecen dicho aprendizaje, las propuestas diseñadas se caracterizaron por:

- presentar inicialmente actividades que permitan comenzar el proceso de enseñanza y el de aprendizaje con el abordaje de fenómenos cotidianos y sencillos, factible de ser explicados a partir de las ideas de los alumnos. Esto tuvo como objetivo, asegurar instancia donde los estudiantes pudieran hacer explícitas sus concepciones para reconocer sus características y naturaleza, ya que éstas fueron el punto de partida de la construcción de nuevas ideas.
- incorporar paulatinamente el estudio de fenómenos de complejidad creciente, que guiaran al alumno a reconocer la existencia de múltiples variables de las cuales depende la visión y percepción del color, analizado sus características y función en dichos contextos.
- incorporar hacia el final de la instrucción, el abordaje de situaciones problemáticas que implican atender a todas las variables e interacciones que la ciencia escolar propone para explicar los fenómenos analizados desde un punto de vista coherente con ella.
- presentar una selección de contenidos que atendió a las características de la naturaleza del conocimiento intuitivo y a las ideas propuestas por la ciencia (las cuales fueron descritas con antelación), a las prescripciones curriculares (Diseño Curricular de la Provincia de Buenos Aires. Marco General; 1999); Diseño Curricular de la Provincia de Buenos Aires Inicial - E.G.B; 1999) y al tipo de aprendizaje que se deseaba potenciar, que tal como lo indicamos en el capítulo anterior, el mismo implica un cambio paulatino del modo de conocer de los alumnos en relación a los principios ontológicos, conceptuales y epistemológico que a él subyace, intentando favorecer la construcción de un modo de conocer cada vez mas cercano al de la ciencia. Así también se tuvieron en cuenta las *capacidades cognitivas de los alumnos*, lo que nos permitió

comenzar a delimitar la profundidad en el abordaje de los distintos contenidos propuestos. En tal sentido, Shayer y Adey (1984) realizan una minuciosa descripción de diferentes aspectos del desarrollo del niño y la manera en que los mismos interaccionan con el mundo para poder interpretarlo. A partir de ello, podemos concluir que los niños de edades comprendidas entre los 9 y 11 años son capaces de poder “ir más allá” de lo que dictan sus sentidos a la hora de interpretar su entorno, y entonces pueden comenzar a hacer uso de modelos más abstractos, que permitan explicar el fenómeno analizado. Los jóvenes cuyas edades se encuentran entre los 12 y 14 años, ya pueden utilizar modelos con mayor grado de abstracción hasta llegar a comparar y gestionar modelos alternativos, pudiendo discriminar en cuanto a la validez o el campo de aplicación de cada uno en función del fenómeno que se analiza, o la manera en que cada uno explica los mismos datos.

A su vez, se propuso un abordaje interrelacionado y recurrente de los contenidos abordados (conceptuales, procedimentales y actitudinales), que permitieran al estudiante interpretar los fenómenos de la visión y el color en contextos de situaciones cotidianas haciendo uso de modelos, modos de hacer y actuar cada vez más coherentes con lo propuesto por las ciencias. Respecto de la secuenciación de contenidos, ésta tendió a potenciar la elaboración de explicaciones cada vez más complejas, lo que implica atender a un mayor número de variables y relaciones entre ellas.

Así se guió y orientó la instrucción hacia la construcción y utilización de un modelo coherente con el científico acerca de la visión, el cual se fue complejizando a medida que los alumnos avanzaban en los distintos niveles educativos, para llegar a la formulación de un modelo cualitativo respecto a la naturaleza y percepción del color, coherente con el propuesto por la ciencia.

Se comenzó la instrucción longitudinal cuando los alumnos se hallaban cursando 4° año de Educación Primaria (8 – 9 años de edad) y en ese momento la misma apuntó a que los estudiantes comenzaran a reconocer las variables de las que depende el proceso de visión: la luz, los objetos y los ojos, como así también se comenzó a analizar algunos fenómenos asociados con la naturaleza de la luz (fuente, propagación) y con su interacción con los distintos objetos (que permite calificarlos en opacos, transparentes, translúcidos y espejados y comenzar a interpretar la formación de sombras). Al año siguiente, cuando los estudiantes cursaban 5° año de Educación Primaria (9 – 10 años

de edad) se continuó con el estudio de los fenómenos que ocurren cuando la luz incide en distintos cuerpos, abordándose principalmente la reflexión difusa. A partir de ello y del reconocimiento de los elementos implicados en la visión, se comienza a guiar la construcción de un modelo respecto de cómo vemos que implica considerar que para que dicho proceso ocurra, “la luz reflejada por los objetos debe incidir en el ojo del observador”, ya que el sistema visual “funciona cuando la luz ingresa a él”. Se comenzó a estudiar también en este momento las variables de las que depende la percepción del color, y con ello se abordó: las características espectrales de la luz blanca (como composición de luces) y los procesos de reflexión selectiva (guiando la atención de los alumnos a que los cuerpos que vemos de distintos colores reflejan luz con distintas características). Cuando los alumnos se hallaban cursando 6° año de Educación Primaria (10 – 11 años de edad), fin de este nivel educativo, no se realizó intervención sino que se evaluó el tipo de idea que utilizaban para explicar los fenómenos de visión y percepción del color una vez transcurrido un año desde la última intervención. La importancia de esta instancia radica en que permitió evaluar la significatividad del aprendizaje experimentado hasta el momento, al analizar si los estudiantes podían usar ideas coherentes con las analizadas en clase o recurrían a sus iniciales intuitivas ideas. Cuando los estudiantes ingresaron a 1° año de Educación Secundaria Obligatoria (12 – 13 años de edad) se abordó nuevamente el modelo de visión compartido en el nivel educativo anterior y se puntualizó la enseñanza respecto del proceso de percepción del color, intentando ahora guiar a los alumnos en la comprensión del mismo como un proceso perceptivo que se podía explicar complejizando (al atender a las características espectrales de las luces y funcionamiento del sistema visual en relación a la visión cromática) el modelo de visión compartido hasta el momento. Se estudiaron entonces con mayor complejidad los procesos de absorción y reflexión selectiva y se comenzó con el estudio del funcionamiento del sistema visual en relación a la percepción del color. Al año siguiente, cuando los estudiantes cursaban 2° año de Educación Secundaria Obligatoria (13 – 14 años de edad), se retomó el estudio de los procesos que se producen cuando la luz interacciona con los distintos objetos, que permiten explicar porqué se los percibe de distintos colores, y se abordó en relación a ello el comportamiento físico de filtros y pigmentos. Así también se realizó explícitamente y de manera más completa y compleja el estudio del funcionamiento del sistema visual, puntualmente en relación con la visión cromática (analizándose también las dificultades en la percepción del color relacionadas con el daltonismo). Finalmente, cuando los

alumnos se hallaban cursando 3° año de Educación Secundaria (14-15 años de edad), fin de este nivel educativo, no se realizó intervención sino que se evaluó el tipo de idea que utilizaban para explicar los fenómenos de visión y percepción del color una vez transcurrido un año desde la última intervención.

Para realizar estos abordajes, en los distintos años se diseñaron e implementaron diversas actividades las cuales comprometieron tanto alumnos como docente, implicaron trabajos individuales como grupales, y actividades de lápiz y papel (test, cuestionarios de problemas) y experimentales.

Finalmente, los docentes encargados de la implementación de las distintas propuestas diseñadas durante este trabajo longitudinal cumplieron la función principal de guiar el proceso de aprendizaje, siendo los responsables de presentar las ideas de la ciencia escolar, enseñar explícitamente procedimientos característicos del quehacer científico, despertar el interés y la curiosidad de los alumnos, ayudándolos a hacer explícitas sus ideas, animándolos a probarlas, desarrollarlas y aplicarlas para explicar experiencias cotidianas. Así también, atendieron siempre a las ideas manifestadas por los estudiantes en las distintas etapas de la instrucción a fin de ayudarlos a construir otras nuevas, aplicarlos en distintos contextos y ser concientes del aprendizaje experimentado.

4.3. Las características del trabajo de investigación exploratorio

Paralelamente a la instrucción descrita, se estudiaron las ideas de los alumnos en distintos momentos de la enseñanza a partir de un trabajo de investigación exploratorio y longitudinal, con el fin de detectar los distintos modelos explicativos que los estudiantes fueron construyendo a lo largo de la instrucción.

Dicho trabajo se llevó a cabo con un grupo de alumnos (conformado aproximadamente por 20 estudiantes) de un colegio privado de la ciudad de Olavarría (Bs. As., Argentina), mientras cursaban la educación primaria y secundaria obligatoria. Dado que se realizó un seguimiento continuo, respecto al modo de conocer de estos alumnos, durante seis años de su instrucción formal es que se considera a este trabajo como longitudinal. El mismo se convirtió en un estudio de caso, donde se implementó un diseño cuasi-experimental (sin grupo de control) de tipo pretest – postest (para cada intervención) y postest demora (al finalizar la Educación Primaria y la Educación Secundaria Obligatoria). Para realizar una descripción y caracterización minuciosa de las ideas de los alumnos se optó por una metodología cualitativa, dado que en esa etapa,

se buscó la detección de características relevantes de las ideas de los alumnos con los que se trabajó.

Con este trabajo se pudo detectar, describir y analizar las concepciones compartidas por los estudiantes cuando cursaban 4° año de educación primaria y tenían entre 8 y 9 años de edad (Bertelle, y otros 2000); cuando cursaban 5° año (Bravo, 2002; Bravo y Rocha, 2004); al finalizar la educación primaria (Bravo y Rocha, 2006); al ingresar a la educación secundaria obligatoria (Braunmüller, Bravo y Rocha, 2003); cuando cursaban el 2° año de la educación secundaria (Bravo y Pesa, 2005) y al finalizar este ciclo lectivo, esto es cuando los estudiantes tenían entre 14 y 15 años de edad (Bravo y Pesa, 2005).

Los resultados de la investigación permitieron observar que la metodología de enseñanza implementada favorecería la construcción significativa del saber de la ciencia escolar. Esto dado que al comenzar la instrucción formal los niños explicaban los fenómenos en términos netamente intuitivos y al finalizar el proceso de enseñanza longitudinal, la mayoría de ellos explicó tanto el proceso de visión como el de percepción del color en términos de las concepciones de la ciencia escolar. Claro que el tránsito desde el modo de conocer intuitivo hacia otro más coherente con el de la ciencia, no fue lineal ni directo, sino paulatino y con frecuente retrocesos y lentos avances. Así por ejemplo observamos que durante la instrucción los estudiantes fueron construyendo modelos alternativos a los de la ciencia escolar, algunos de ellos correctos pero incompletos, que luego la mayoría utilizó como base para la construcción del modelo de la ciencia escolar que se pretendía compartir con la enseñanza. Decimos la mayoría porque también hay alumnos que llegan a compartir sólo estos modelos “intermedios” entre el saber intuitivo y el de la ciencia que en dicho contexto resultan incompletos; hecho éste que se observa principalmente en relación al proceso de percepción del color, hallándose así resultados análogos a los obtenidos por Bravo, Pesa y Colombo (2001) al trabajar con maestros.

Además observamos, también como instancias intermedias del aprendizaje experimentado, que cuando los alumnos comienzan a compartir los modelos de la ciencia, logran aplicarlos sólo ante tareas que implican “declarar” sus concepciones (y se los cuestiona directamente acerca de ¿cómo vemos este objeto?, por ejemplo) , pero no logran usarlos consistentemente para justificar y explicar múltiples fenómenos en diversos contextos, y es allí entonces cuando retoman sus ideas iniciales u otras

alternativas que han ido construyendo con la instrucción (resultados éstos análogos a los hallados por Verkerk y Bouwens, 1993). Pero se observó también que conforme ésta avanzaba (y se realizaba el abordaje recurrente de los contenidos, cada vez con mayor grado de complejidad y se les otorgan múltiples instancias a los estudiantes para que apliquen las nuevas ideas), la mayoría de los alumnos llegaron a compartir el saber de la ciencia escolar y a desarrollar la habilidad de aplicarlo en múltiples contextos para resolver diversos problemas.

Nos interesa aquí, y a fines de esta Tesis, presentar las concepciones que los estudiantes utilizaron con mayor frecuencia a medida que avanzó la instrucción formal. Si bien se observó que, como era de esperar, no todos los estudiantes transitaron de la misma manera su camino desde el saber intuitivo al de la ciencia escolar, ni requirieron para ello de las mismas instancias educativas y del mismo tiempo, sí hubo modelos que fueron compartidos en mayor medida y con mayor frecuencia. Son esos los datos que se convierten en una base primordial para el presente trabajo de Tesis.

4.4. Los resultados más relevantes del trabajo exploratorio.

Haciendo un análisis global de la situación hallada a lo largo de todo el trabajo de investigación exploratorio, pudimos observar que los alumnos inicialmente compartían modelos netamente intuitivos, como los hallados por diversos autores (como por ejemplo Guene, 1998 y Osborne y Black, 1993, por ejemplo).

Así los estudiantes de este grupo explicaban principalmente que (Bertelle y otros 2000):

“Vemos porque tenemos ojos y miramos”

Es decir que utilizaban un modo de razonar netamente monoconceptual, donde la única variable que explícitamente se reconoce son los ojos, y la necesidad de que estén sano, abiertos y mirando hacia el objeto.

Conforme avanzó la instrucción, se observó que los alumnos comenzaron a reconocer explícitamente otra variable: la luz, a la cual se le atribuye un rol específico en el proceso de ver (el de iluminar).

Así explicaron que:

“Vemos porque miramos y la luz ilumina el objeto”

Pero junto a este modo de explicar el fenómeno se observó otro alternativo donde la función que se le otorga a la luz proveniente de la fuente no es sólo la de iluminar el

objeto, sino la de ingresar al ojo del observador (Bravo, 2002). En esta concepción entonces, la luz también cumple un rol primordial pero incorrecto desde el saber de la ciencia (cuando el fenómeno que se estudia, como en este caso, es la visión directa de un objeto). No obstante sería un modelo que comenzaría a atender a la necesidad de que la radiación lumínica incida en el ojo para poder ver, aunque todavía no se conciba que la misma debe provenir del objeto y no de la fuente. Vale aclarar que cuando se detectó este modelo, era compartido por un número muy bajo de alumnos, y además el mismo no perduró a lo largo del tiempo (se detectó puntualmente en 5° año y luego prácticamente no se lo volvió a observar como posible manera de explicar cómo vemos).

Una vez analizadas en clase las ideas de la ciencia, y con ello la interacción luz – objetos (reflexión difusa y absorción) y la interacción luz – sistema visual (visión), comenzaron a aparecer modelos coherentes con los de la ciencia escolar.

Así se observó (Braunmüller, Bravo y Rocha, 2003) que varios alumnos, y *a lo largo* de la instrucción longitudinal (lo que da cuenta de la “robustez” y permanencia de este modelo) solieron explicar que:

“Para ver, la luz debe incidir en el objeto y reflejarse”

Es decir, se reconocen desde este modelo, las interacciones entre la luz y la materia como causa de la percepción en tanto se otorga un papel más pasivo al sistema visual: el de mirar. Esta idea resulta coherente con la propuesta por la ciencia escolar pero incompleta respecto de ella.

Finalmente se observó que conforme avanzó la instrucción, ante la necesidad de mayores o menos instancias educativas y tiempo, la mayoría de los estudiantes (Bravo y Pesa; 2005) llegó a explicar que:

“Vemos porque la luz reflejada por los objetos incide en el ojo del observador”

Desde esta concepción se reconoce que la luz reflejada por el objeto es el estímulo externo que produce, al incidir en el ojo, la visión. Se utilizan así modelos abstractos y coherentes con la de la ciencia escolar para interpretar y explicar este fenómeno

Creemos necesario insistir que la transición entre las maneras de conocer descritas, que llevó a la mayoría de los alumnos de explicar el proceso de visión en términos intuitivos a concebirlas en función de la ciencia escolar, no fue de ningún modo lineal ni igual para todos los estudiantes. Es más, no es nuestra intención aquí (ni lo fue en el trabajo de investigación exploratorio) analizar específicamente la manera o secuencia en

que fueron cambiando los modelos explicativos. Nuestro objetivo fue (y es) dejar en evidencia las distintas maneras que según hemos detectado los alumnos suelen explicar el proceso de visión, cuando se guía su aprendizaje con propuestas didácticas especialmente diseñadas.

Haciendo un análisis análogo al anterior pero ahora con relación al proceso de percepción del color, hemos observado que inicialmente los alumnos lo conciben como una propiedad de la materia (Bravo, 2002; Bravo y Rocha, 2004). Así, desde el saber intuitivo explicaron que:

“Vemos un objeto rojo porque está hecho o pintado de ese color”

Desde esta idea netamente monoconceptual se concibe que el único elemento implicado en la percepción del color, es el objeto ya que él “posee” dicha característica.

Conforme avanzó la instrucción, los alumnos comenzaron a reconocer a la luz como una de las variables involucradas en este proceso perceptivo y entonces aparecieron modelos productos de la escolarización, algunos de ellos correctos en el contexto de la ciencia escolar y otros no.

Así por ejemplo se observó (Bravo y Rocha, 2004) como posible, la explicación que implica concebir que:

“Vemos un objeto rojo porque de todas las luces que componen a la luz blanca la que más le llega es la roja”

Este modelo que indudablemente es producto de la escolarización, ya que en él se reconoce a la luz blanca como una “mezcla de luces coloreadas”, resulta incorrecto en función de lo propuesto por la ciencia. Obsérvese que a partir de él se le atribuye a la luz (y ya no al objeto) “la causa” del color. Este modelo alternativo, apareció principalmente a fines de la educación primaria, dejó de aparecer al comienzo de la secundaria, y por lo general fue representado por un bajo número de alumnos.

Caso similar ocurrió con otro modelo (Bravo y Rocha, 2004), que también es producto de la escolarización e incorrecto y que implica explicar que:

“Vemos un objeto rojo porque de todas las luces que componen a la luz blanca e inciden en él, absorbe la roja”

Este modo de interpretar el fenómeno es mucho más complejo que el anterior, dado que atiende a las interacciones que se dan entre la luz y la materia, puntualmente al proceso de absorción, además de concebirse a la luz blanca como una composición de luces. Pero como decíamos no sólo resulta incompleto (ya que no se le atribuye al

sistema visual un rol activo en el proceso de percepción del color) sino que también es incorrecto ya que se asume que el color queda determinado por las características de la luz absorbida por el cuerpo.

El tercer modelo explicativo hallado, de características similares al anterior, también resultó incompleto pero no incorrecto ya que con él se concibe que el color depende de las características de la luz reflejada por los objetos (Braunmüller, Bravo y Rocha, 2003; Bravo y Pesa; 2005). Así haciendo uso del mismo se explica que:

“Vemos un objeto rojo porque de todas las luces que componen a la luz blanca e inciden en él, refleja la roja”

Es decir que desde esta concepción se reconocen las “no intuitivas e invisibles” interacciones que se producen entre la luz y la materia, las cuales son explicadas en función de modelos abstractos coherentes con los de la ciencia escolar. Se considera entonces a este modo de conocer como una base conceptual óptima para a partir de su complejización (al reconocerse el rol indispensable y activo del sistema visual) construirse el modelo de la ciencia escolar.

Este modelo explicativo, a diferencias de los dos anteriormente descritos, fue compartido por un alto porcentaje de alumnos y en distintos momentos de la enseñanza (aún al final de la misma).

Al igual que lo hallado al estudiar las ideas de este grupo de alumno en relación al proceso de visión, se observó que conforme avanzó la instrucción, ante la necesidad de mayores o menos instancias educativas y tiempo, la mayoría de los estudiantes llegó a explicar el color en términos de la ciencia escolar (Bravo y Pesa; 2005):

“Vemos un objeto rojo porque de todos las luces (que conforman la blanca) que llegan a él, refleja la luz roja que al llegar a mis ojos hace que lo vea rojo”

A partir de esta idea, no sólo se reconoce y explica el proceso de reflexión selectiva, sino que se concibe al color como una percepción que se produce cuando la luz estimula el sistema visual del observador.

En base a nuestros trabajos y a los realizados por los distintos autores analizados hemos podido detectar y definir distintos modos en que los estudiantes suelen explicar los fenómenos perceptivos. En el punto siguiente proponemos una categorización y describimos de dichas a la luz de los fundamentos teóricos que subyacen a esta Tesis. Esto, para finalmente, llegar a delimitar que significa, en este contexto, aprender el modo de conocer de la ciencia, respecto de la visión y los colores.

5. LA VISIÓN Y LOS COLORES. Desde el saber intuitivo al saber de la ciencia.

El análisis realizado en el punto anterior nos permitió definir cuatro maneras diferentes de explicar la visión y la percepción del color (Bravo, Pesa y Pozo, 2005; Bravo, Cocconi, Pesa y Pozo, 2006), las que se describen y ejemplifican en la tabla 2.3.

Categoría I: Reconocimiento parcial de variables – no reconocimiento de interacciones

Caracterización de la concepción: Se reconocen parcialmente los elementos implicados en la visión (luz, objetos, ojos) no se reconocen interacciones entre ellos. Se asume que el color es una propiedad del cuerpo. Se explican los fenómenos perceptivos en función de hechos observables y de la información aportada directamente por los sentidos.

Principio subyacente: Estado – Hecho o dato – Realismo ingenuo. Razonamiento reduccionista, monoconceputal, no sistémico

Ejemplos: Vemos los objetos porque los miramos – Se ven objetos de distintos colores porque fueron pintados de esa manera.

Categoría II: Reconocimiento de relaciones causales lineales entre variables

Caracterización de la concepción: Se otorga un papel pasivo al sistema visual y al objeto y se reconoce la necesidad de que la luz ilumine sobre el objeto para verlo (sin reconocerse interacciones entre ellos). Al color se lo concibe como consecuencia de las características de la luz incidente.

Principio subyacente: Causalidad Lineal Simple – Estado – Realismo ingenuo. Razonamiento reduccionista no sistémico

Ejemplos: Vemos porque la luz ilumina al objeto y lo miramos – Si iluminamos a un objeto con luz roja lo veremos rojo

Categoría III: Reconocimiento de relación entre variables (luz – objeto)

Caracterización de la concepción: Se reconocen las interacciones entre la luz y la materia como causa de la percepción en tanto se da un papel más pasivo al sistema visual (el de mirar). Se utilizan ideas incompletas pero correctas en el contexto de la ciencia escolar

Principio subyacente: Causalidad Lineal Múltiple – Proceso – Proceso de superación del realismo ingenuo. Razonamiento pluri conceptual no sistémico

Ejemplos: Vemos un objeto porque lo miramos y refleja para de la luz que lo iluminó - Un objeto se ve rojo porque refleja luz roja y absorbe las demás componentes de la luz incidente

Categoría IV: Reconocimiento de interacción entre variables (luz – objeto – sistema visual)

Caracterización de la concepción: Se reconocen los procesos de absorción, reflexión y/o transmisión que se producen al interaccionar la luz con los objetos. Así también que la luz reflejada y/o transmitida es el estímulo externo que produce múltiples procesos en el sistema receptor que conducen a la percepción visual. Se utilizan modelos abstractos para interpretar y explicar los fenómenos perceptivos.

Principio subyacente: Sistema – Interacción – Superación del realismo ingenuo. Razonamiento sistémico, pluri-variado, no reduccionista

Ejemplos: “Vemos porque la luz reflejada por los objetos incide en el ojo y estimula el sistema visual produciéndose complejos procesos que conducen a la visión” – “Se ven objetos de distintos colores porque absorben y reflejan luz con distintas características. Según las características espectrales de la luz que incide en el ojo, se llevan a cabo determinados procesos en el sistema visual que conducen a la percepción de un color”.

Tabla 2.3: *Categorías de respuestas: descripción y ejemplificación*

Cada categoría involucra un modo de explicar los fenómenos perceptivos que hemos caracterizadas no sólo por el modelo subyacente, y con ello por los elementos que se consideran involucrados en los procesos perceptivos y las funciones e interacciones que se les reconocen, sino también por las características ontológicas, epistemológicas y conceptuales y los modos de razonamiento asociados a su uso.

Así, a la categoría I subyace una idea netamente intuitiva, donde solo se reconoce a los ojos como elemento indispensable y suficiente para ver, en tanto el color se reduce a ser una propiedad del objeto. Esta concepción, construida en base a la experiencia cotidiana, se caracteriza por estar basadas en principios ontológicos, epistemológicos y conceptuales propios del saber intuitivo (hecho o dato, estados, realismo ingenuo) cuyo uso conlleva a razonar en términos reduccionista, mono variados y no sistémicos.

A la categoría II en tanto, subyace una idea también intuitiva pero más compleja que la anterior, ya que se reconoce explícitamente la importancia de la luz en los procesos perceptivos, concibiéndose de manera también reduccionista, que para ver, el observador debe mirar el objeto y la luz iluminarlo; en tanto se explica que el color (que no deja de considerárselo como propio del objeto), puede cambiar si cambia la luz con que se lo ilumina. Este modo de conocer entonces, está regido por principios ontológicos de estado pero por conceptuales de causalidad lineal simple, en tanto el realismo ingenuo que a él subyace, sigue conllevando a asumir que “las cosas son como nuestros sentidos nos los indican”, al observar lo que sucede en el mundo diario.

A la categoría III, por su parte, subyace una idea producto de la escolarización que resulta incompleta pero no incorrecta en el contexto de la ciencia escolar. Esto dado que se asume que vemos porque el objeto refleja parte de la luz que incide en él y que el color depende exclusivamente de las características espectrales de dicha radiación reflejada. Estos modelos abstractos son coherentes con los propuestos por la ciencia, por lo que se considera a esta concepción correcta y escolarizada. A su vez, subyace un modo de conocer basado en procesos y causalidades lineales múltiples más coherentes con el saber de la ciencia que con uno intuitivo. Los modos de razonar implicados, en tanto, son plurivariados y no reduccionistas (aunque tampoco llegan a ser sistémicos como los de la ciencia escolar). Pero, el sistema visual cumple desde esta perspectiva un rol pasivo, el de mirar lo que ocurre “fuera” de él (por ello se considera incompleta esta concepción).

Finalmente, a la categoría IV, subyace la concepción que se espera construyan los alumnos de educación secundaria como consecuencia de la instrucción. Esta idea, implica reconocer a los tres elementos involucrados en los procesos perceptivos (luz, sistema visual y objetos) y las múltiples y complejas interacciones que entre ellos se establecen (iluminación, absorción, reflexión, transmisión selectiva, percepción). Si bien, la explicación hoy compartida en el seno de la ciencia, es más compleja que la propuesta aquí, se considera (por ser la más coherente con ella y por atender a las variables e interacciones mencionadas), que subyacen principios de sistema, interacción y que su construcción conlleva la superación de un realismo ingenuo, en tanto se utilizan los modelos abstractos propuestos por los de la ciencia escolar. A su vez los modos de razonamiento asociados, coherentes con los utilizados por la ciencia, se caracterizan por ser plurivariados, no reduccionistas y sistémicos.

Haciéndose un análisis mucho más global de los modos de conocer descritos hasta aquí, obsérvese que a las ideas subyacentes a las categorías I y II, se las podría agrupar dentro de una única y más general que contempla *ideas intuitivas*. Del mismo modo se puede agrupar a las concepciones involucradas en las categorías de respuestas III y IV en una única a las que subyacen *ideas más coherentes y próximas a las de la ciencia*. Justamente, el aprendizaje que se debería potenciar durante la enseñanza implicaría el paso de las categorías I o II a las III o IV, ya que el mismo conlleva un cambio radical en el modo de conocer de los alumnos, inherente a un cambio de categorías ontológicas, epistemológicas y conceptuales (cambio que implicaría el aprendizaje de las ciencias, según lo expresado en el capítulo I).

Aprender el modo de conocer de la ciencia respecto de estas temáticas conlleva entonces la superación paulatinamente de los principios ontológicos y conceptuales de estado y hecho - dato y causalidades lineales simples que subyacen al saber intuitivo (agrupados en las categorías I y II), y comenzar a compartir una concepción más coherente con la de la ciencia, que implica interpretar los fenómenos perceptivos en términos de sistemas e interacciones, reconociendo las múltiples variables de las que éstos dependen, como sí también los procesos que entre ellas ocurre y explicarlos en función de los modelos abstractos propuestos por la ciencia escolar (categorías III y IV), superándose el principio epistemológico de realismo ingenuo que conlleva a explicar que las “cosas son como la información aportada por nuestros sentidos nos lo indican”. Finalmente aprender el modo de conocer de la ciencia implicaría también adquirir la

habilidad de utilizar las concepciones construidas en múltiples contextos y para resolver diversos problemas, con consistencia y coherencia argumentativa.

Un aprendizaje como el descrito es el que se pretende potenciar con la propuesta didáctica que se diseña y evalúa en esta Tesis. Evaluar su potencialidad para promoverlo y estudiar cómo aprenden los alumnos, son los objetos centrales de los estudiados que hemos realizado.

Pero para poder cumplir con estos objetivos, resulta indispensable contar con instrumentos de recolección de datos, que permitan identificar, describir e interpretar con confianza y rigurosidad, los modos de conocer que comparten los estudiantes respecto de los procesos de visión y percepción del color. Para diseñar dichos instrumentos y evaluar su validez realizamos un estudio preliminar con estudiantes de Educación Secundaria no Obligatoria. En el siguiente capítulo se presenta y describe dicho trabajo.

CAPITULO III

EL ESTUDIO PRELIMINAR

Como señalábamos en el capítulo anterior, los resultados arribados con los trabajos de investigación previos, como así también los aportados por distintos autores, han permitido identificar los modelos que los alumnos utilizan con mayor frecuencia al momento de explicar los fenómenos de visión y percepción del color. Pero es necesario “ir más allá” con la investigación educativa si se quiere profundizar en el problema acerca de cómo se produce el aprendizaje. Es preciso analizar en qué se basan esas concepciones, qué características subyacen a ellas, cómo se usan en función del contexto. Es necesario también indagar cómo se modifican durante la instrucción y en función de ello qué estrategias de enseñanza serían las más eficaces para promover el aprendizaje de los estudiantes.

El objetivo central de esta Tesis es justamente estudiar qué y cómo aprenden los alumnos, en relación a los modelos que la ciencia propone para explicar la visión y la percepción del color, cuando se guía su aprendizaje a partir de una metodología de enseñanza innovadora. Con el fin de alcanzar esta meta, realizamos tres estudios (que se presentan en los capítulos IV, VI y VII) con los cuales se analizan las ideas que utilizan los estudiantes de distinta formación académica, para explicar problemáticas y fenómenos cotidianos. Esto con el fin de conocer:

- *lo que saben* respecto a la visión y la percepción de los colores, lo que implicará determinar qué tipo de modelo explicativo comparten y utilizan con mayor probabilidad
- *cómo lo saben*, lo que implica inferir los principios ontológicos, epistemológicos y conceptuales que subyacen a sus ideas y los esquemas de razonamiento que activan para elaborar explicaciones,
- *cómo aprenden*. Lo que conlleva a analizar el paso de una forma de conceptuar inicialmente intuitiva, hacia otra producto de una escolarización no tradicional.

Para inferir el tipo de conocimiento que usan los alumnos que participan de cada estudio, atendemos a la caracterización previamente realizada y presentada en la tabla 2.3 del capítulo anterior, que surge principalmente de los resultados de investigaciones previas.

Pero para poder identificar, describir e interpretar las concepciones utilizadas por los estudiantes respecto de los procesos de visión y percepción del color, debimos diseñar instrumentos que permitieran obtener datos al respecto y de manera rigurosa (en tanto los resultados arribados fueran confiables y realmente representativos del modo de conocer compartido por los estudiantes).

A fin de diseñar y evaluar la validez del instrumento a utilizar en esta Tesis, se realizó un estudio previo (Bravo, Pesa y Pozo, 2005) que se describe y detalla a continuación.

2.1. EL ESTUDIO PREVIO

La primera consideración que tuvimos para diseñar el test fue que el mismo contuviera situaciones problemáticas relacionadas con la visión y percepción del color que resultasen conocidas e interpretables para los alumnos de distintas edades y niveles educativos. A su vez, para determinar las opciones de respuestas que se propondrían en cada problema, centramos nuestra atención en los cuatro modos de explicar los fenómenos perceptivos que, a la luz de investigaciones previas, habíamos identificado con antelación (ver tabla 2.3 capítulo II).

Inicialmente fueron diseñadas 24 situaciones problemáticas como posibles para conformar el Test. Las mismas fueron evaluadas en primera instancia por Especialistas en Enseñanza de la Física, Profesores de Física y Química, Licenciados en Física, y especialistas en Psicología de la percepción (pertenecientes a la Facultad de Ingeniería de la U. N.C.P.B.A.; a la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología de la U.N.T. y a la Facultad de Psicología de la U.A.M), todos con experiencia en investigación educativa en el aprendizaje y la enseñanza de los contenidos investigados. De dicha evaluación se eligieron 12 de los 24 ítems iniciales, los cuales se consideraron didáctica y científicamente pertinentes para evaluar las ideas de alumnos de tan diversos niveles educativos y poder cumplir con el objetivo planteado, relativo a la caracterización de sus concepciones respecto de la visión y la percepción del color.

De 12 los problemas mencionados, seis fueron relativos a visión y seis inherentes a la percepción del color (ver Anexo A1). Nuestro primer objetivo fue estudiar la potencialidad de dichos problemas para revelar con rigurosa confianza, qué tipo de concepciones comparten los estudiantes y cuáles son las características de sus modos de conocer.

A su vez, para el primer estudio realizado en esta Tesis, era imprescindible reducir el test al menor número de ítems posible, dado que se contaba con la posibilidad de trabajar con los estudiantes durante un único encuentro (en un tiempo establecido por cada institución educativa a la que pertenecían). Esta situación no se dio en el segundo estudio realizado, ya que implicó trabajar durante un tiempo mucho mayor y de forma continuada con los alumnos del grupo control y experimental, por lo que el test pudo tener mayor extensión.

Para el primer estudio, entonces, se decidió trabajar con un total de ocho ítems, cuatro por contenido, (atendiendo a que son dos contenidos y cuatro opciones de respuestas). Se intentó así evitar que los sujetos, debido a la longitud del instrumento y el tiempo implicado en su resolución dieran respuestas azarosas o no reflexivas por el posible cansancio y desconcentración que suelen sufrir (sobre todo los de menor edad) cuando deben enfrentarse a cuestionarios excesivamente extensos.

Para tomar una decisión criteriosa acerca de qué ítems conformarían finalmente el test, se realizó un estudio preliminar con alumnos de educación secundaria no obligatoria.

2.1.1. Objetivos específicos del estudio preliminar.

El **objetivo** central de esta etapa de la investigación no fue analizar las concepciones de los estudiantes en sí, sino, principalmente, evaluar la potencialidad del Test para detectar con claridad y confianza las características de dichas concepciones.

Como objetivos más particulares se pretendió: estimar el tiempo que emplean los estudiantes para resolver el test, evaluar si existían dificultades inherentes a la interpretación de las consignas y situaciones problemáticas propuestas en cada ítem, analizar si los alumnos podían dar respuesta a todas las problemáticas, si la prueba les resultaba demasiado extensa, si en ella aparecían términos que no conocían o resultarían poco claros.

Muchos de estos factores dependen en gran medida de la edad de los sujetos, por lo que se eligió trabajar con alumnos de 1º año de Secundaria no Obligatoria, alumnos de edades y formaciones académicas intermedias entre los que finalizan la Educación Secundaria Obligatoria y la no Obligatoria y que participan de las investigaciones desarrolladas en esta Tesis. Se supone que en estos niveles, y no en el superior, podrían ser más relevantes los problemas anteriormente enunciados.

2.1.2. Participantes del estudio preliminar.

Se trabajó en este estudio preliminar con **65 alumnos** de 1° año de Educación Secundaria no Obligatoria del Colegio Polimodal dependiente de la UNCPBA (15-16 años de edad), que corresponde al total de la población de la mencionada institución educativa.

Dado que a este Colegio ingresan por sorteo alumnos que culminaron la educación secundaria obligatoria en diversos establecimientos educativos, se considera que los resultados hallados aquí tendrían un considerable valor de representatividad, ya que este estudio se realizó al comienzo del ciclo lectivo correspondiente al 1° año de Educación secundaria no Obligatoria, y la muestra entonces quedó conformada *azarosamente* por el propio sistema de ingreso al colegio.

Vale recordar que, en función de los contenidos establecidos como mínimos para la Educación Secundaria Obligatoria (Diseño Curricular de la Provincia de Buenos Aires Inicial - E.G.B, 1999) se asume que los alumnos con los que se valida el test habrían recibido previamente instrucción en las temáticas eje de este estudio.

2.1.3. Criterios de análisis de datos del estudio preliminar.

Para evaluar la potencialidad del test tuvimos consideramos pertinente realizar un análisis de las respuestas de los estudiantes que permita dejar en evidencia: el tipo de categoría de respuesta que utilizan con mayor probabilidad a lo largo del test; el tipo de conocimiento que tienden a usar para explicar cada fenómeno perceptivo en particular y la dependencia del tipo de respuestas con el contenido abordado (visión o color)

Con el objetivo de revelar, interpretar y caracterizar las ideas que los estudiantes utilizan con mayor probabilidad, se realiza un vaciamiento de las respuestas dadas por cada alumno a cada uno de los ítems planteados en el test (en planilla de cálculo Excel). Luego, siguiendo el análisis de datos propuesto por Gómez Crespo, Pozo y Sanz (1995) a partir de Neshet y Sukenik (1991) (ver también Gómez Crespo, 2005; Gómez Crespo y Pozo, 2004; Pozo y Gómez Crespo, 2005; Pozo, Gómez Crespo y Sanz, 2006) calculamos en primera instancia la probabilidad media con que se usan las distintas concepciones en cada contenido. A estos valores luego se los transforma a partir de la función arcosen para la raíz cuadrada de la proporciones (que permite un tratamiento estadístico más correcto y riguroso de variables categoriales). En base a los resultados obtenidos realizamos un análisis de varianza (ANOVA) sobre un diseño factorial 2 x 4

(dos contenidos, cuatro categorías de respuestas) a fin de estudiar la probabilidad con que se usan las distintas concepciones y la influencia del tipo de fenómeno que se debe explicar (visión y color).

A su vez, y dado que se pretende identificar con la mayor confianza posible las ideas de los estudiantes, consideramos relevante estudiar la interacción *ítems x categoría* de respuestas, a fin de evaluar si algunas de las situaciones problemáticas involucradas en el test eran en sí mismas determinantes del tipo de idea que los estudiantes activan al momento de dar su explicación sobre el fenómeno involucrado. Así, en base a las respuestas que dieron a lo largo del Test se realiza un ANOVA 6 x 4 (seis ítems y cuatro categorías)

En cada caso se analizaron los resultados del test post hoc de Duncan, que permitió estudiar con mayor precisión en qué consisten las diferencias reveladas por los ANOVAs.

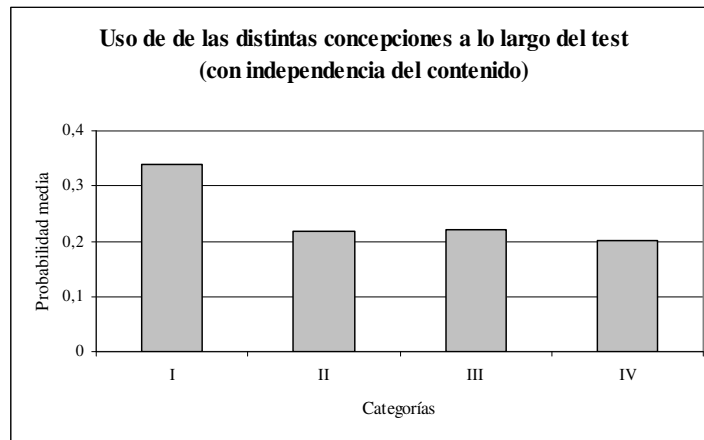
2.1.4. Resultados del estudio preliminar.

1. Identificación de la tendencia al uso de una determinada concepción

Analizamos en primer lugar si el test permite *evidenciar con claridad las concepciones de los estudiantes* para entonces poder caracterizar el modo en que interpretan los fenómenos perceptivos.

Para ello se asignó una puntuación de probabilidad media a cada sujeto respecto al uso que hizo de las distintas categorías de respuestas a lo largo del test, para luego hallar la probabilidad media con que el grupo hace uso de las mismas (gráfico 3.1.)

El ANOVA realizado sobre estos datos muestra diferencias estadísticamente significativas ($F(520,3)=13,44;p<0,001$) en el uso de las diferentes *categorías de respuesta*. Un posterior análisis correspondiente al Test Duncan, muestra que es la *idea subyacente a la categoría I* la que se usa con una probabilidad significativamente mayor que el resto ($p<0,001$). En función de este resultado podemos concluir que los sujetos utilizan en mayor medida una idea intuitiva, basada en el sentido común, al momento de interpretar los fenómenos perceptivos. Esto es, explican lo fenómenos de percepción visual en términos de estados (característica ontológica) y hechos o datos (característica conceptual) sin reconocer las interacciones entre la luz y la materia (como procesos implicados en dichos fenómenos) y otorgándole al sistema visual un papel pasivo.



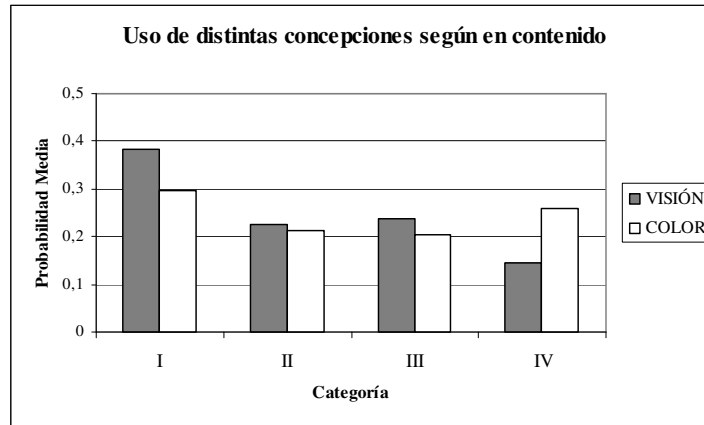
Gráfica 3.1: *Tendencia al uso de distintas categorías al lo largo del test inicial*

Respecto a la validación del test, este resultado permite pensar que a partir del mismo se puede dejar en evidencia qué tipo de idea es la que tienden a utilizar los participantes al momento de explicar los fenómenos perceptivos que se estudian aquí. En efecto, los datos obtenidos con este instrumento permiten un análisis estadístico cuyos resultados revelan la existencia de diferencias significativas entre las tendencias al uso de las diversas concepciones subyacentes a las opciones dadas en el test, como así también indican cuál es la idea utilizada con mayor probabilidad por el grupo de alumnos al resolver las problemáticas planteadas. Justamente uno de los objetivos que guió el diseño del instrumento fue evidenciar con claridad las concepciones de los estudiantes para entonces poder interpretarlas y describirlas.

A su vez, los resultados obtenidos respecto de las concepciones utilizadas por los estudiantes son consistentes con las halladas previamente en el trabajo de investigación exploratorio y los aportados por distintos autores, hecho este más que importante sobre el cual fundar también la confianza en el Test como instrumento capaz de dejar en evidencia las concepciones de los alumnos que participan en este trabajo.

Con el fin de estudiar la influencia del fenómeno sobre el tipo de concepciones que se usan con mayor probabilidad, analizamos de forma comparativa las respuestas que los estudiantes dieron en relación al proceso de visión y al de percepción del color.

En la gráfica 3.2 se presenta la probabilidad media con que se usaron las distintas categorías de respuestas en cada contenido.



Gráfica 3.2 Probabilidad al uso de distintas categorías a lo largo del Test

El análisis estadístico de los datos revela que la interacción *contenido x categoría* resulta significativa ($F(520,6)=6,89$; $p=0,0001$). Esto significa que la manera en que los estudiantes explican uno y otro fenómeno difiere.

El test comparativo de Duncan indica que para el caso del proceso de visión la concepción subyacente a la categoría I se usa con una probabilidad estadísticamente mayor que el resto ($p < 0,01$). A su vez, la probabilidad con que se usa la idea de la ciencia escolar (categoría IV) se diferencia de las demás ($p < 0,001$) por ser la menos usada. Finalmente la categoría II y III se usan sin diferencias estadísticamente significativas entre ellas.

Respecto del proceso de percepción del color la situación resulta diferente. En efecto se observa que no hay una marcada tendencia al uso de una categoría de respuesta por sobre las demás, lo que queda confirmado al aplicar el test de Duncan, cuyos resultados revelan que la idea netamente intuitiva (categoría I) se utiliza con igual probabilidad que la IV (esto es sin diferencias estadísticamente significativas) y ésta a su vez se usa de igual manera que la II y la III (a las que subyacen ideas intuitivas y coherentes con la de la ciencia, respectivamente). Si bien el hecho de que estos resultados indiquen que no hay una clara tendencia al uso de un modelo en particular, permite caracterizar el conocimiento subyacente que comparte los alumnos (en función de la inconsistencia con la que se usan los distintos modelos, característica ésta de un saber intuitivo), consideramos conveniente continuar el estudio respecto de la influencia del tipo de problema sobre la concepción usada.

Tratamos de realizar una rigurosa “vigilancia” acerca del condicionamiento que sobre dicha elección puede causar la manera en que han sido planteadas las situaciones,

pero también porque uno de los fines de este trabajo preliminar fue reducir la longitud del test a utilizarse en el primer estudio formal de la Tesis, eligiendo aquellos ítems que con mayor precisión permitirían determinar el tipo de concepción que tienden a usar los alumnos.

2. Análisis de la influencia del tipo de problema planteado sobre el modo en que los estudiantes explican los fenómenos perceptivos

Como señalábamos antes, otro dato que consideramos relevante conocer al momento de evaluar la potencialidad del test es si *la probabilidad con que se usan las distintas concepciones depende del tipo y manera en que fue planteada la situación problemática*. Esto dado que, y en palabras de Viennot (2002) al momento de resolver un problema, “el razonamiento es el conjunto pregunta-respuesta”.

Para ello calculamos la probabilidad media con que se usaron las ideas subyacentes a las distintas categorías en cada uno de los ítems planteados y realizamos un análisis ANOVA sobre un diseño factorial 6 x 4 (seis ítems; cuatro categoría de respuestas) para cada contenido. Se halla que la interacción *ítem x contenidos* resulta significativa tanto para el contenido visión ($F(1557,15)=20,07$; $p<0,0001$) como para el contenido color ($F(1560,15)08,91$; $p<0,0001$). Esto significa que la explicación que los alumnos dan acerca de estos fenómenos depende de la situación problemática planteada. A fin de interpretar para cada caso, en que consisten las diferencias reveladas para cada contenido, se estudian los resultados arrojados por el test de Duncan.

2.1 Visión

En la tabla 3.1 se presenta la probabilidad con que fueron utilizadas las distintas concepciones en cada uno de los ítems planteados en relación al proceso de visión.

Categorías	ITEMS RELATIVOS AL PROCESO DE VISIÓN					
	ITEM 1	ITEM 3	ITEM 5	ITEM 7	ITEM 9	ITEM 11
I	0,69	0,59	0,17	0,25	0,48	0,12
II	0,05	0,11	0,45	0,46	0,20	0,09
III	0,19	0,05	0,23	0,18	0,12	0,66
IV	0,06	0,26	0,14	0,11	0,20	0,09

Tabla 3.1: Probabilidad con que se eligen las distintas concepciones en los problemas relativos a visión

El test de Duncan revela que en los ítems 1, 3 y 9 las ideas netamente intuitivas se usan con una probabilidad estadísticamente mayor que las demás ($p < 0,01$). En los ítems 5 y 7 la probabilidad mayor se da en el uso de las concepciones subyacentes a la categoría II ($p < 0,01$) y la misma se diferencia estadísticamente de la probabilidad con que se usan las demás. Finalmente, en el ítem 11 se usan las ideas subyacentes a la categoría III con una probabilidad estadísticamente mayor que las demás ($p < 0,01$).

Así, cuando se cuestiona a los alumnos acerca de “¿Porqué no se puede ver lo que sucede en un aula contigua, separada por una pared del lugar donde nos encontramos?” (problema 1), o cuando se les pide que justifiquen situaciones como que “en un día soleado, luego de permanecer al aire libre por un tiempo entramos a una habitación y nos cuesta ver con claridad los objetos que hay dentro” (problema 3) o que “si miramos fijamente hacia un objeto colocado frente nuestros ojos, podemos percibir también con bastante precisión qué objetos se encuentra a su alrededor, sus formas y características” (problema 9), los estudiantes utilizan con clara tendencia la ideas netamente intuitivas subyacentes a la categoría I, que implican concebir que para ver, es suficiente con tener ojos y mirar el objeto.

Ahora, si se los cuestiona acerca de porqué “si colocamos una hoja dentro de un folio podríamos seguir viéndola” (problema 7), o “por qué vemos la hoja donde están escritas estas preguntas” (problema 5) los alumnos explican en términos de la categoría II. Concibiendo que para ver no sólo hay que mirar el objeto sino también que la luz debe iluminarlo. Así utilizan la mencionada concepción con una probabilidad estadísticamente mayor que las demás

En tanto si se les plantea a los estudiantes la problemática “en las guerras para ver de noche se utilizan anteojos infrarrojos: ¿cuál crees que es la función de los mismos?” (problema 11) utilizan con una probabilidad estadísticamente mayor que las demás una idea coherente con la de la ciencia (subyacente a la categoría III) que implica asumir que vemos porque los objetos reflejan difusamente parte de la luz que incide en ellos. Esta tendencia no se observó en ninguno de los casos anteriores (la categoría III nunca fue representada por más del 20% de las respuestas) por lo que resultan “dudosos” estos resultados. Quizá el tipo de problemática planteada y la naturaleza de las concepciones de los alumnos, los llevó a optar por esta respuesta sin relacionarla directamente (o necesariamente) con el proceso de visión. A diferencia de los casos anteriores, a su vez, es muy baja la tendencia al uso de las concepciones subyacentes a

las categorías I y II (10% cada una aproximadamente) siendo que habían sido estas las más utilizadas en el resto de las problemáticas.

A la luz de los resultados obtenidos, consideramos que el test diseñado nos permite concluir acerca del tipo de respuestas por la que optan los sujetos al momento de responder a las problemáticas planteadas. Observamos por ejemplo, que tienden a considerar mayor número de variables e interacciones cuando se les pregunta explícitamente acerca de *porqué vemos* (ítems 5 y 7) o cuando se los induce a pensar en el uso de anteojos (infrarrojos en el caso del ítem 11). En tanto si el proceso de visión se encuentra implícito en otro fenómeno y/o cuestión problemáticas cotidiana y “vivenciable”, entonces hay una clara tendencia al uso de una respuesta netamente intuitiva o cotidiana (ítems 1, 3 y 9).

Ahora bien, dado el objetivo de reducir el número de ítems en la versión final del test, y la intención de evaluar el tipo de concepción usada por los estudiantes en distintos contextos, se decidió excluir uno de los problemas que implicaban la declaración del modelo compartido por los estudiantes (porque en estos casos es factible que el alumno reconozca la “respuesta correcta”, sin significar esto, necesariamente, que realmente comparta la concepción subyacente a ésta). Decidimos entonces no incluir en la versión final del test a la problemática 5 y sí la 7. Esto por considerarla más “rica” en tanto su resolución requiere de la aplicación (y no declaración como el caso de la 5) del modelo compartido respecto de la visión para explicar una situación cotidiana y conocida para los estudiantes

Por otra parte, los trabajos realizados hasta el momento y los resultados aportados por otros autores nos permiten detectar que la tan pronunciada tendencia al uso de la concepciones subyacentes a la categoría III en el ítem 11 no resultaría “fiel” a la idea que tienden utilizar los alumnos de Educación Secundaria, por lo que el tipo de problema podría haber resultado desencadenante para elegir esta opción entre las demás. Por esta razón, decidimos no incluir en la versión final del Test al ítem mencionado. A su vez, y dada la baja tendencia al uso de la idea implicada en la categoría II por sobre las demás en el ítem 1 (a diferencia de lo observado en el resto de los problemas) se modifica la situación problemática (atendiéndose siempre al mismo fenómeno) intentando evitar que los sujetos no opten por la opción correspondiente a la categoría II sólo por no encontrarla en sí misma coherente o por no poder interpretarla.

2.2 Color

Con el fin de realizar un análisis análogo al anterior, respecto de las concepciones de los estudiantes en relación al proceso de percepción del color, se presentan en la tabla 3.2 las probabilidades con que se usaron las distintas concepciones en las situaciones problemáticas que involucraron al fenómeno del color.

ITEMS RELATIVOS AL PROCESO DE COLOR												
Categorías	ITEM 2		ITEM 4		ITEM 6		ITEM 8		ITEM 10		ITEM 12	
I	0,35	A	0,50	A	0,25	D	0,14	A	0,42	A	0,12	A
II	0,11	B	0,03	B	0,23	D	0,23	AB	0,28	A	0,38	B
III	0,14	B	0,13	B	0,43	E	0,20	B	0,20	B	0,15	A
IV	0,38	A	0,34	C	0,09	F	0,34	B	0,06	B	0,34	B

Tabla 3.2: Resultados del test de Duncan respecto del fenómeno del Color. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ($p <= 0,05$)

Los resultados del test de Duncan revelan que en el 50% de los casos (ítems 2, 8 y 12) los alumnos utilizan con probabilidades similares (sin diferencias significativas), ideas intuitivas y otras que surgen como producto de la escolarización. En tal sentido en el ítem 2 se usan sin diferencias significativas las ideas subyacentes a las categorías I y IV. En el caso del 8 las implicadas en las categorías II, III y IV. En el ítem 12 las involucradas en las categorías II y IV.

Frente a estos resultados no podemos hacer caso omiso a la aparente tendencia a utilizar indiscriminadamente modelos intuitivos y coherentes con los de la ciencia. Y este uso indiscriminado de modelos antagónicos se produce, principalmente, ante problemáticas que implican la “declaración” de ideas (más que su aplicación en algún contexto determinado).

Pero cuando los estudiantes se enfrentan a situaciones netamente cotidianas, como implica explicar el “cambio de color de un objeto” debido al uso de pinturas o modificación de la radiación incidente (ítems 4 y 10), utilizan con una probabilidad superior a las demás ($p < 0,05$) las ideas intuitivas (categoría I en el caso del ítem 4, I y II en el caso del 10). Es decir, los alumnos tienden a reconocer con bastante éxito ideas coherentes con las de la ciencia cuando la situación presentada les resulta “escolarmente” familiar. Decimos “escolarmente familiar” porque desde la enseñanza tradicional son las situaciones del tipo a las involucradas en los ítems 1 y 12 a las que se tiende a atender, pero dicha metodología tradicional no suele propiciar el uso de

modelos de la ciencia para explicar fenómenos cotidianos, sino que se pondera por lo general la transmisión (por parte de los docentes) y declaración (por parte de los alumnos en las instancias de evaluación) de leyes, conceptos y/o modelos de la ciencia. No debería asombrar entonces, que en algunos contextos los estudiantes tiendan a usar esos modelos analizados en clase pero que no puedan aplicarlos con consistencia, y que entonces recurran con igual o mayor probabilidad a sus sólidas ideas intuitivas.

Observamos en este sentido que cuando se cuestiona a los alumnos acerca de *“porqué ves roja una manzana deliciosa, cuando la iluminas con un foco común”* (problemática 2), utilizan con igual probabilidad (sin diferencias estadísticamente significativas) ideas escolarizadas e intuitivas. En este caso la tarea implica “declarar” las concepciones que se tiene al respecto este fenómeno perceptivo y entonces parece existir una alta probabilidad (0,4) a elegir entre las posibles respuestas la idea de la ciencia, aunque su probabilidad de uso “compita” con la correspondiente a las ideas intuitivas. Un caso análogo sucede con el problema 12 donde se cuestiona a los estudiantes sobre el daltonismo, preguntándoles: *“una persona daltónica ve solamente cuando la luz es azul, violeta o celeste: ¿de qué color verá él una pelota de voley (que todo observador normal ve blanca bajo la luz del sol) si se la ilumina con una fuente de neón (emite luz azul)”*. Aquí nuevamente se observa, y dado que por lo general se aborda en clases de ciencias el tema del daltonismo (aunque de una manera muy descriptiva) que los estudiantes intentan hacer uso de dichas ideas eligiendo, con relativo éxito la respuesta correspondiente a la categoría IV. Pero se halla también que pese a esto, la importancia del saber intuitivo sigue siendo más que relevante, ya que las ideas subyacentes a la categoría II se eligen con igual probabilidad (sin diferencias estadísticamente significativas) que las de la ciencia escolar.

Los resultados arribados con estos problemas, entonces, permitirían describir el modo de conocer de los estudiantes, no tanto por el uso de una concepción en particular sino por presentar un importante grado de inconsistencia. Es por ello que se decide incluir a las problemáticas 2 y 12 en la versión final del test. A su vez, y respecto de ésta última, vale aclarar que siempre se cuidó al diseñar el instrumento, el hecho que aparezcan situaciones donde se modifica, de a una por vez, cada variable de las que depende el proceso de percepción visual y este problema permite detectar, puntualmente, la importancia y el rol que los estudiantes dan al sistema visual del observador.

Al ítem 8, en cambio, donde también se observó un uso inconsistente de los distintos modelos se decidió no incluirlo en la versión final del test. El mismo planteaba: *“imagina que un Venusino ve solamente cuando la luz presenta longitudes de ondas comprendidas entre los 400 y 500 nm. ¿de qué color verá él un limón bajo la luz del solar?”*. Se decidió extraerlo porque mientras los alumnos resolvían el test, no sólo preguntaron reiteradamente qué era un *venusino*, sino que manifestaron no entender el significado del término *longitudes de onda* ni de la expresión *nm*, por lo que se puede pensar que en este caso la inconsistencia pudo haber estado más bien relacionada con la elección aleatoria y azarosa de una respuesta por no comprender la situación problemática planteada.

Los ítems 4 y 10, en tanto, se incluyen en el test sin cuestionamiento, porque evidencian claramente la tendencia al uso de un tipo de concepción en particular, en este caso la intuitiva (subyacente a las categorías I y II). En ellas se les presenta a los estudiantes las siguientes cuestiones: *“Un pintor, expresa su “arte” sobre un paño “blanco”. Usando pintura roja, representa uno de los paisajes que más le ha gustado: el amanecer sobre el Río de la Plata. Para representar el alba mezcla témperas roja y amarilla ¿Por qué al utilizar estas pinturas el Sol representado en su cuadro se ve naranja, al ser iluminado con un foco común?(problema 4) y ¿De qué color veríamos un auto que iluminado con luz blanca se ve turquesa, al iluminarlo con fuente de Sodio (emite luz amarilla)?(problema 10).*

Finalmente, el ítem 6 fue otro de los problemas que no se incluyó en la versión final del test, ya que en la respuesta elegida por los estudiantes a este ítem se detecta una marcada tendencia al uso de un modelo escolarizado, que no se observó en ninguno de los casos restantes. A su vez esta tendencia no se condice con los resultados de trabajos de investigación previos (realizados por nosotros y por otros autores), los cuales manifiestan que los alumnos de secundaria tiende a explicar el color en términos más bien intuitivos, y no en función del saber de la ciencia como lo que hallamos aquí. Así, el haberles preguntado a los estudiantes: *“en nuestra ciudad suelen utilizarse fuentes de sodio para iluminar las calles... si llevamos un suéter blanco se verá amarillo bajo estas condiciones de iluminación:¿por qué?”* ha sido desencadenante del uso de una concepción que no se volvió a usar con marcada probabilidad en el resto de los problemas, por lo que dudamos que sean las respuestas dadas a esta situación realmente representativas del saber que comparten los estudiantes.

2.2. LOS INSTRUMENTOS USADOS EN LA TESIS

Una vez realizado el estudio anteriormente descrito, se define la versión final de los Test de respuestas múltiples, que se utilizan en el primer y segundo estudio de esta Tesis, los cuales se adjunta en los Anexos A2, A5 y A7

Otro de los instrumentos utilizados en este trabajo, son los cuestionario de problemas, donde los estudiantes ya no tienen que elegir una explicación sino que deben elaborarla (ver Anexos A4, A6 y A8). Los mismos se implementan con el fin de estudiar si los alumnos son capaces de aplicar sus concepciones en múltiples contextos para explicar y/o predecir diversas situaciones. Este instrumento, al igual que los test, están conformados por situaciones problemáticas donde, en algunos casos, se cuestiona de manera más directa a los estudiantes acerca de porqué vemos como vemos, y porqué percibimos objetos de determinados colores, en otros los procesos perceptivos se contextualizan en situaciones cotidianas que deben ser explicadas por los alumnos. Con ello se pretende brindarles a los estudiantes no sólo instancias donde puedan “declarar” sus concepciones de manera directa sino también otras donde deban aplicarlas para explicar dichas situaciones. Finalmente, las cuestiones problemáticas incluidas en ambos instrumentos, atienden a todas y cada una de las distintas variables involucradas en los procesos de visión y percepción del color, como así también a las interacciones que se dan entre ellas. Se trata de evaluar qué elementos los estudiantes reconocen involucrados en estos fenómenos, qué rol o función les asignan y cuáles son las interrelaciones que reconocen entre ellos.

Como comentábamos en la Introducción de esta Tesis, el primer estudio que hemos realizado tiene como objetivo analizar la influencia del nivel educativo sobre las concepciones compartidas por alumnos con distinta formación académica. Para ello estudiamos el modo de conocer construido por los estudiantes, una vez finalizada la Educación Secundaria Obligatoria, la no Obligatoria y la carrera de Profesorado en Ciencias Naturales. En el capítulo siguiente presentamos y describimos dicho estudio.

CAPITULO IV

PRIMER ESTUDIO: Concepciones de alumnos y futuros docentes de Educación Secundaria acerca de la Visión y Percepción del Color.

1. PRIMERA SECCIÓN. Descripción y justificación del estudio

En este capítulo analizamos las concepciones que presentan los alumnos de Educación Secundaria y futuros profesores de Ciencias Naturales de este nivel educativo, acerca de los procesos de visión y percepción del color. Ya hemos mencionado que varios trabajos de investigación han estudiado las ideas de los estudiantes de distintas edades respecto de la visión (Anderson y Kärrqvist;1983; Bravo, Pesa y Colombo, 2001; Collins y otros, 1998; Delval, 1995; Fetherstonhaugh y Treagust., 1992; García y Martínez, 2005; Galili y Hazan; 2000; Goulant, Diaz y de Sousa, 1989, Guesne 1989; Osborne y Black, 1993; Pesa, Cudmani y Bravo, 1995; Pesa y Cudmani, 1998; Selley, 1996; Siquira, 1993; Sniadek y Bozena Viennot, 2002;) y el color (Anderson y Kärrqvist, 1983; Chauvent y Kaminsky, 2002; Feher y Meyer, 1992; Galili y Hazan, 2000; Guesne, 1989; Salinas y Sandoval, 1996; Verkerk y Bouwens, 1993).

La mayoría de ellos (por ejemplo, Bravo, Pesa y Colombo, 2001; Chauvent y Kaminsky, 2002; García y Martínez, 2005; Salinas y Sandoval, 1996; Siquira, 1993), han dejado en evidencia que pese a la instrucción, estudiantes de distintos niveles educativos explican los fenómenos de visión y percepción del color en términos de ideas, modelos y concepciones intuitivas, basándose en modos de razonar no sistémicos sino reduccionistas, resultando estos modos de explicar los fenómenos antagónicos con los propuestos desde la ciencia.

Ante esta situación, y dado que el fin último y principal de esta Tesis radica en diseñar y evaluar una propuesta didáctica innovadora que potencie el aprendizaje de modelos científicos, consideramos indispensable indagar a priori las concepciones que comparten los alumnos de Educación Secundaria, de características análogas a los que va a ir dirigida la propuesta mencionada. Es por ello que se decide trabajar en esta primera parte de la Tesis, con estudiantes que finalizan su Educación Secundaria Obligatoria. Pero también resulta relevante conocer (al momento de decidir criteriosamente qué y como enseñar) el impacto que tiene sobre los conocimientos de

los estudiantes la enseñanza tradicional que subyace hoy a las clases de ciencias en los distintos niveles educativos. Incluimos por ello en este trabajo el análisis de las concepciones que comparten los alumnos al finalizar su educación secundaria no obligatoria, a fin de compararlas con las de los estudiantes del nivel inferior que tienen tres años más de instrucción científica formal. Finalmente, se reconoce aquí que el rol del docente, y con ello su formación inicial, es un variable más que relevante si se desea estudiar el impacto de la educación sobre el aprendizaje de los alumnos (aunque por supuesto no la única, sino una entre las múltiples que “conviven” en los procesos de enseñanza y aprendizaje). A su vez, si bien la formación científica de los profesores no es el único parámetro que influye en las clases que desarrolla, sí la consideramos como una de especial relevancia. Si la formación científica adquirida en la carrera de grado, no es la “científicamente adecuada”, los docentes pueden convertirse en desencadenantes y reforzadores de concepciones intuitivas o “científicamente erróneas” influyendo negativamente en el aprendizaje de sus estudiantes (y tal como lo han mostrado por ejemplo los trabajos realizado por Bravo, Pesa y Colombo, 2001). Los resultados de esta evaluación, se convertirán en un indicativo más que permita interpretar la situación hallada en educación secundaria. Es por esta razón que en este trabajo se estudian también las concepciones de alumnos del último año de la Carrera de Profesorado de Ciencias Naturales (que al momento de escribir esta Tesis, estarán ya inmersos en el sistema educativo desarrollándose como docentes).

Los resultados del análisis comparativo del modo de conocer compartido por los distintos grupos y los problemas que se evidencien respecto a la enseñanza y al aprendizaje de las ciencias, se convertirán en indicadores concretos sobre los cuales intervenir para intentar potenciar una mejora de la realidad educativa (por cierto muy cuestionada hoy, socialmente).

A su vez en este estudio (y también en los que le suceden) analizamos de manera separada pero comparativamente las concepciones de los alumnos respecto al proceso de visión y el de percepción del color.

Una de las razones de esta distinción se basa en que para explicar desde un punto de vista científico cómo y por qué percibimos objetos de distintos colores, requiere haber construido a priori un modelo coherente con el de la ciencia que permita explicar el proceso de visión de un objeto, por ser el fenómeno del color de naturaleza perceptiva (Monserrat, 1998). Pero este hecho no es recíproco, esto es, puede ocurrir que un sujeto

logre explicar de manera coherente con los modelos de la ciencia cómo y por qué vemos como vemos, pero no necesariamente comparta un modo de conocer coherente con ella para interpretar el color. Así, según el nivel educativo que posea, puede haber abordado en clases de ciencias el modelo propuesto sobre la visión, e interpretar y explicar que “vemos porque la luz reflejada difusamente por el objeto, inciden en el ojo del observador y estimula al sistema visual produciéndose múltiples procesos que conllevan a su visión”, pero asumir que el color “es una propiedad de los objetos”, y que como a cualquier otra de sus características se lo ve a través del proceso anteriormente explicado. Es decir dos fenómenos que para la ciencia están sumamente relacionados e integrados, desde un saber escolarizado pueden concebirse disociados y usarse para explicar uno y otro proceso perceptivo, ideas coherentes con las de la ciencia e ideas intuitivas (Bravo y otros, 2006).

Otra de las razones por la que se estudia discriminadamente las concepciones usadas en cada contenido, está relacionada con la “brecha” conceptual, ontológica y epistemológica que “separa” al saber científico y al intuitivo en relación a estos fenómenos perceptivos. Este hecho resulta desencadenante de la dificultad conceptual asociada al aprendizaje del saber de la ciencia en relación con los modelos que ésta propone para interpretar la visión y la percepción del color. En tal sentido, consideramos que resulta mucho más difícil la comprensión del modelo que la ciencia propone para interpretar la percepción del color, que el que propone para explicar la visión, dado que el mismo no sólo tiene un alto grado de abstracción y complejidad, sino que presenta múltiples aspectos contra-intuitivos, más aún de los que ya presentan los modelos propuestos para explicar el proceso de visión. Ya hemos discutido arduamente con antelación que desde el saber intuitivo se tiende a explicar que para ver basta con que la luz ilumine el objeto y el observador dirija hacia él su mirada. Se concibe que son los ojos los principales elementos involucrados en el proceso de la visión, ya que “si no funcionan bien” no se verá nada (Bertelle y otros, 1998; Bravo, 2002). En un segundo plano se le otorga una relevante función a la radiación en tanto se concibe que es necesaria porque “sin luz no se ve con claridad” o porque “los ojos solo captan la imagen de los objetos iluminados”. A los objetos, en tanto, no se le atribuye otra función que la de “estar físicamente” (Op. Cit.). Esto es, se concibe que son necesarios porque si no estuviesen no habría nada que ver. Como ya se ha discutido en el capítulo II, esta concepción intuitiva se halla ontológica, epistemológica y conceptualmente distante de la científica, desde la cual se explica con modelos

abstractos la interacción entre la luz y los objetos y entre la luz y el sistema visual. Pero consideramos que el aspecto más contra-intuitivo de la explicación que ésta propone radica en la estimulación del sistema visual por parte de la luz reflejada por los objetos. Esto es, desde el saber cotidiano se otorga a los ojos el rol de mirar. Basta con dirigir la mirada hacia el objeto iluminado para poder verlo (Galili y Hazan, 2000; Selley, 1996; Guesne, 1998, por ejemplo). En tal sentido, los niños más pequeños (no así los mayores) suelen asumir que “algo sale de los ojos para poder ver los objetos”. Asumir que es la luz reflejada de forma difusa proveniente de los objetos iluminados la que debe incidir en el sistema visual para estimularlo, es el aspecto cuya comprensión y aceptación más dificultades presentaría. En menor grado, aunque compleja también, resultaría la interpretación de la interacción que se da entre la luz y la materia, dado que la misma no iría en contra de algo que intuitivamente se concebía sino que ampliaría la concepción compartida desde el saber cotidiano. Esto es, desde este contexto el objeto no cumple un rol específico, más que el de “estar”. La explicación científica ampliaría esta idea al atender a las interacciones y procesos físicos que se producen entre él y la luz.

Pero en lo que respecta al proceso del color, no sólo es contra-intuitiva la interacción luz-sistema visual, sino también lo es el rol y la importancia que en uno y otro contexto (científico y cotidiano) se le asigna al objeto. Así, desde el saber intuitivo, es clara y terminante la función del cuerpo observado: “contener el color”, ya que el mismo es una “propiedad de la materia” (Chauvent y Kaminsky, 2002).

Esta concepción no sólo está apoyada por la experiencia cotidiana (donde se observa que se puede cambiar el color de un objeto pintándolo) y en el vocabulario utilizado a diario (la principal “característica” que indicamos de un objeto para identificarlo suele ser “su color”) sino también que durante la escolarización suele definírsele (desde la química principalmente) como una propiedad intensiva de la materia (los propios documentos curriculares lo proponen de esta manera entre los contenidos mínimos de la Educación Primaria⁴). Además, la complejidad para explicar el fenómeno del color no sólo radica en el rol que se da a cada elemento (luz, objeto, sistema visual), sino que la ciencia concibe que el color depende de las características espectrales de la luz con que se ilumine el objeto, de la composición química del pigmento que éste posea, de las características de la luz reflejada y absorbida y de las características del sistema visual del observador, tal como lo discutimos en el capítulo

⁴ Diseño Curricular de la Provincia de Buenos Aires Inicial - E.G.B; 1999

II. Finalmente, desde el conocimiento científico se explica el color como un proceso de percepción visual, mientras que desde la cotidianidad se lo concibe como *algo* que está estáticamente en el objeto. Es por todo lo dicho que consideramos ontológica, epistemológica y conceptualmente más distante el saber intuitivo del científico en relación con el fenómeno del color que con el proceso de visión. Y con ello queremos hacer hincapié que no debe sorprender que luego de abordarse estas temáticas en clase de ciencia, los alumnos lleguen a compartir un modelo de visión coherente con el de la ciencia (si es que lo comparten al finalizar la instrucción) pero no uno coherente con lo que ésta propone respecto de la percepción del color (tal como lo hemos observado por ejemplo en Bravo y otros, 2006; Bravo y Pesa, 2005).

Todos estos aspectos pueden conllevar a que los estudiantes no utilicen un mismo modo de conocer para explicar uno y otro fenómeno, por lo que resulta sumamente relevante estudiar las concepciones que utilizan con mayor probabilidad en cada contexto.

Atendiendo a todo lo discutido hasta aquí, planteamos el presente estudio, cuyos objetivos, problemas e hipótesis de trabajo y metodología implementada se detallan a continuación.

1.- OBJETIVOS

-Caracterizar el conocimiento acerca de la visión y la percepción del color, de alumnos de 14 -15 años de edad (que finalizan la Educación Secundaria Obligatoria), alumnos de 17 – 18 años (que finalizan la Educación Secundaria no Obligatoria) y futuros profesores de Ciencias Naturales (con especialidad en Biología). Dicha caracterización implica estudiar si los sujetos reconocen las variables (luz – objeto – sistema visual) e interacciones fundamentales (iluminación, absorción, reflexión difusa, transmisión, percepción) a las que se debe atender al momento de elaborar una explicación científica respecto de los fenómenos perceptivos analizados.

-Interpretar el conocimiento de los sujetos en función de los principios ontológicos, epistemológicos y conceptuales que subyacen a cada manera de conocer y los modos de razonamientos asociados.

2.- PROBLEMAS DE INVESTIGACIÓN

Primer problema

Los estudiantes del último año de Educación Secundaria Obligatoria y no Obligatoria (15 y 18 años de edad, respectivamente) y del último año de la carrera de Profesorado en Ciencias Naturales:

¿Utilizan un modelo sistémico (que implica considerar las interacciones entre la luz, la materia y el sistema visual) para explicar los fenómenos de visión y percepción del color? En tal sentido: ¿reconocen las interacciones luz-materia (absorción, reflexión, transmisión) y luz reflejada y/o transmitida–sistema visual (percepción) al momento de elaborar una explicación a los fenómenos mencionados?

Segundo problema

Atendiendo a las respuestas dadas por los estudiantes de los distintos niveles educativos:

- ¿Existen diferencias significativas respecto del tipo de conocimiento compartido por los grupos de sujetos? En tal sentido: ¿los futuros profesores de Ciencias Naturales, presentan un conocimiento coherente con el de la ciencia (que implica el reconocimiento de las múltiples variables e interacciones propuestas por ella) en tanto los alumnos de los demás niveles educativos, un conocimiento pre-científico (más coherente con un pensamiento intuitivo) caracterizado por la ausencia de variables e interacciones necesarias para explicar los fenómenos de percepción visual?

- ¿La educación formal promueve un aprendizaje paulatino (conforme el alumno avanza en los distintos niveles educativos) de los modelos propuestos por la ciencia respecto de los fenómenos de visión y percepción del color que implique el aumento gradual del uso de concepciones coherentes con las de la ciencia y en correlación con ello la disminución en lo que respecta a la probabilidad de usar ideas netamente intuitivas para explicar los fenómenos perceptivos?

3. HIPÓTESIS DE TRABAJO

Los resultados obtenidos a partir del trabajo de investigación exploratorio previo, como así también los propuestos por otros investigadores, dejan en evidencia las dificultades que presentan alumnos de distintos niveles educativos para interpretar los

modelos que la ciencia propone para explicar los procesos de visión y percepción del color. A partir de ello, se plantean las siguientes hipótesis de trabajo:

Primera Hipótesis

Los alumnos de los distintos niveles educativos reconocen sólo parcialmente las variables (luz-materia y sistema visual) e interacciones entre las mismas (absorción, reflexión, transmisión, percepción visual) al momento de explicar los fenómenos de visión y percepción del color. No subyace a sus explicaciones un modelo sistémico de percepción. En tal sentido, dichos fenómenos se interpretan en función de relaciones causales lineales simples o en términos de estados donde las variables no se conciben interrelacionadas. La visión de los objetos y la percepción del color no se explican en términos de interacciones y sistemas, implicando modos de razonar pre-científicos, no coherentes con los que subyacen a la manera de conocer de las ciencias.

Segunda Hipótesis

Pese a las diferencias de formación entre los sujetos estudiados no existen diferencias estadísticamente significativas respecto de los modos en que interpretan los fenómenos de percepción visual (proceso de visión y percepción del color). Los sujetos tienden a utilizar modelos pre-científicos de características análogas en cuanto al número de variable, el tipo de interacciones reconocidas, los principios y modos de razonar subyacentes.

Tercera Hipótesis

La enseñanza tradicionalmente impartida en los distintos niveles educativos no potencia un cambio en el modo de conocer en los estudiantes, desde concepciones intuitivas (compartidas generalmente al comenzar la educación formal) a otras coherentes con las de la ciencia. En tal sentido, si bien con la edad y nivel de instrucción puede disminuir la probabilidad con que son usadas las ideas cotidianas y aumentar la probabilidad con que se utilizan las coherentes con las de la ciencia para explicar los fenómenos perceptivos, la enseñanza tradicional no propicia los cambios conceptuales necesarios como para que los alumnos compartan al finalizar la educación secundaria (obligatoria y no obligatoria) o el nivel superior, un modo de conceptualizar dichos fenómenos coherentes con los de la ciencia y los utilicen con consistencia para resolver diversas situaciones problemáticas .

4. METODOLOGÍA

4.1.- PARTICIPANTES

Se trabajó con un total de 380 alumnos de diferentes edades y niveles educativos. Todos estos estudiantes se encontraban cursando el último año de sus respectivos estudios: Educación Secundaria Obligatoria, Educación Secundaria no Obligatoria y Profesorado en Ciencias Naturales.

Respecto de los alumnos de Educación Secundaria, se trabajó con instituciones de gestión privada de la ciudad de Olavarría (Buenos Aires - Argentina) de la zona urbana, cuyos estudiantes y propuestas institucionales curriculares resultan similares a las de los alumnos con quienes se implementa la propuesta didáctica que se diseña y evalúa en esta Tesis. Se escogieron al azar cuatro (de los ocho) colegios de Educación Secundaria Obligatoria y tres (de los cinco) de Educación Secundaria no Obligatoria, con el fin de que la muestra resultase representativa

En cuanto a los Institutos de Formación Docente (donde se dicta la carrera de Profesorado en Ciencias Naturales) se trabajó con un total de nueve, todos pertenecientes a la provincia de Buenos Aires, los cuales se encuentran en un radio de aproximadamente 350 km de la ciudad de Olavarría, donde se lleva a cabo este trabajo. La elección de esta muestra también se realizó al azar.

En cada institución se trabajó con los cursos completos del último año de los distintos niveles educativos estudiados, resultando un total de de 134 alumnos de Educación Secundaria Obligatoria, 157 alumnos de Educación Secundaria no Obligatoria y 89 alumnos de Educación Superior.

Se trabajó con los estudiantes del último año a fin de “asegurar” de alguna manera que los contenidos mínimos propuestos por los correspondientes diseños curriculares hayan sido ya abordados en clases de ciencia con estos alumnos.

En relación con ello, el Diseño Curricular para la Educación Primaria⁵ y Educación Secundaria Obligatoria⁶ (Diseño Curricular de la Provincia de Buenos Aires Inicial - E.G.B; 1999) propone el estudio del sistema visual, de la naturaleza espectral de la luz y su interacción con la materia, para el último nivel de la educación primaria, mientras que en la educación secundaria se deben abordar distintos fenómenos relacionados con la óptica, entre ellos el fenómeno del “color”. Los libros de texto que los docentes

⁵ Nivel educativo de seis años de duración y que involucra a alumnos de entre 6 y 11 años de edad

⁶ Nivel educativo de tres años de duración e involucra alumnos de entre 12 y 15 años de edad

utilizan asiduamente para decidir qué y cómo enseñar, proponen abordar el fenómeno del color en los últimos años de la Educación Secundaria Obligatoria y la mayoría de ellos lo hace desde una perspectiva más bien propia de la Física, donde se atiende casi exclusivamente a los procesos de reflexión, absorción y transmisión selectiva asociándolos con los fenómenos de mezclas de luces y pigmentos. Una minoría de los libros propuestos para este nivel educativo, aborda de forma integrada (aunque siempre muy sintética y más bien descriptiva) el funcionamiento y fisiología del sistema visual, sin integrar el rol específico del mismo en la formación de las imágenes, en el proceso de reconocimiento y percepción de los objetos y en la percepción del color.

Respecto al abordaje de las temáticas eje de estudio de esta Tesis, el Diseño Curricular para la Educación Secundaria no Obligatoria⁷, prescribe como contenido mínimo: *espectro electromagnético – interacción de la radiación con la materia*, el cual debe ser abordado desde los espacios curriculares Física o Físico – Química (Diseño Curricular de la Provincia de Buenos Aires, Polimodal, 1999). Citamos a estos contenidos como directamente relacionados con el fenómeno del color, dado que los libros de textos propuestos para estos niveles desarrollan esta temática bajo dicho contenido. Al igual que los destinados para educación obligatoria, el abordaje propuesto en ellos por lo general implica concebir al color como producto de la interacción entre la luz y la materia y con ello de las características espectrales de la radiación reflejada. El estudio del sistema visual, en tanto podría considerarse implícitamente prescripto desde la disciplina biología ya que se propone abordar allí *el funcionamiento de los sistemas del organismo humano*.

Finalmente, en lo que se refiere a los contenidos prescriptos por los documentos curriculares para la carrera de profesorado de Ciencias Naturales (carrera de nivel superior, terciario no universitario, de cuatro años de duración) se proponen abordar desde la disciplina Física: *la naturaleza de la luz y su interacción con la materia*, y desde biología: *el funcionamiento de los sistemas del organismo humano* (Diseño Curricular de la Provincia de Buenos Aires Educación Superior, 1999).

Por lo tanto, y a la luz de los contenidos prescritos por los distintos diseños curriculares y en función de las temáticas que se desarrollan en los libros de textos que surgen a partir de dichos documentos (y por ende atenderían a sus prescripciones) se podría considerar que todos los grupos de estudiantes que participen de este trabajo

⁷ Nivel educativo de tres años de duración que involucra a estudiantes de entre 15 y 18 años de edad

habrían recibido instrucción formal (al finalizar los correspondientes niveles educativos) en relación a los procesos de visión y percepción del color.

4.2.- DISEÑO EXPERIMENTAL. ANÁLISIS DE DATOS.

Como se menciona al comienzo del capítulo, el objetivo central de este estudio radica en analizar la influencia de los distintos niveles de educación formal sobre las concepciones que comparten los estudiantes respecto de la visión y percepción del color.

Para ello se realiza un estudio cuasiexperimental y se implementa un diseño factorial que permite estudiar la influencia (e interrelación) de variables independientes sobre las dependientes. Se establecen como variables independientes: la formación académica, el contenido (visión y color) y la categoría de respuesta utilizada (las cuatro definidas previamente, en el capítulo II Tabla 2.3). La variable dependiente, que representa la *manera* en que los estudiantes explican los fenómenos perceptivos, viene dada por la probabilidad con que se usan las distintas concepciones (intuitivas, escolarizadas o coherentes con las de la ciencia)

A partir de las respuestas dadas por los alumnos y siguiendo el análisis de datos propuesto por Gómez Crespo, Pozo y Sanz (1995) a partir de Nesher y Sukenik (1991) (ver también Gómez Crespo, 2005; Gómez Crespo y Pozo, 2004; Pozo y Gómez Crespo, 2005; Pozo, Gómez Crespo y Sanz, 2006) calculamos en primera instancia la probabilidad media con que se usan las distintas concepciones. A estos valores luego se los transforma a partir de la función arcosen para la raíz cuadrada de la proporciones (que permite un tratamiento estadístico más correcto y riguroso de variables categoriales). En base a dichos resultados realizamos un análisis de varianza (ANOVA) intergrupo, sobre un diseño factorial $3 \times 2 \times 4$ (tres grupos: alumnos de Educación Secundaria Obligatorias, alumnos de Educación Secundaria no Obligatoria, futuros profesores; dos contenidos: visión y percepción del color; cuatro categorías de respuestas). El mismo permite estudiar la influencia de la formación académica, el contenido y la categoría de respuesta, sobre la probabilidad al uso de una determinada concepción. Esto es, permite evaluar si el tipo de concepción utilizada por los estudiantes depende de la formación académica y del fenómeno que se intente explicar. Para detectar la naturaleza de dicha influencia se estudian los resultados de un test post hoc, el test comparativo de Duncan.

4.4. TAREAS Y PROCEDIMIENTOS.

Para obtener los datos que permitieran cumplir con los objetivos propuestos en este estudio, se utilizó el Test de Respuesta Múltiple, diseñado y validado en el estudio que fue presentado y descrito en el capítulo anterior.

Dicho Test de Respuestas Múltiples está conformado por 8 ítems en total, cuatro relativos al proceso de visión y cuatro al de percepción del color (ver Anexo A2). En cada problema se proponen cuatro opciones, a las que subyacen las distintas categorías de respuestas presentadas y descritas en la tabla 2.3 (Capítulo II). Las distintas situaciones problemáticas se presentaron intercaladas, sin orden determinado respecto del fenómeno que involucraban. De igual modo se distribuyeron en los distintos ítems los cuatro tipos de respuestas a las que subyacen la categoría I, II, III y IV, las primeras coherentes con un saber intuitivo y las últimas con uno más científico.

Como hemos comentado con antelación, en alguna de las problemáticas planteadas se cuestiona a los alumnos de manera más directa sobre cómo y por qué vemos como vemos, o por qué vemos de determinado color un objeto. El resto de las problemáticas presentan a estos fenómenos contextualizados en distintas situaciones cotidianas. Los alumnos haciendo uso de sus ideas deben dar respuesta a los interrogantes planteados, explicando o prediciendo alguna situación.

Para realizar la recolección de datos, se implementó el test con los distintos grupos de estudiantes durante una clase de Ciencias Naturales y en todos los casos el profesor encargado de los cursos estuvo presente. En ninguno de los grupos los alumnos demoraron más de media hora reloj para responder a las problemáticas planteadas.

2. SEGUNDA SECCIÓN. Resultados y Análisis de Datos

Con el fin de analizar los datos obtenidos y organizar la información hallada nos planteamos como interrogante clave: ¿cómo influye el nivel educativo en el modo de conocer de los estudiantes?; ¿existen diferencias significativas en la manera en que son explicados los procesos de percepción visual al culminar cada nivel educativo?; ¿qué tipo de concepciones utilizan con mayor probabilidad cada grupo de estudiantes?

Para responder a estos interrogantes estudiamos en un primer momento la interacción múltiple *grupo x contenido x categoría*. Esta resultó estadísticamente significativa ($F(1006;6)=4,60$, $p=0,001$) lo que implica que no sólo existen diferencias en la manera en que los grupos explican los fenómenos perceptivos, sino también en la forma en que se explica uno y otro fenómeno.

Decidimos entonces realizar en un primer momento un estudio *intergrupo* que permita identificar y describir *diferencias en la manera en que los estudiantes de los distintos grupos* explican el proceso de visión primero (punto II.1) y el de percepción del color en segundo término (punto II.2).

A su vez realizamos un estudio *intragrupo* para poder concluir acerca de *cuál es el modo de conocer que cada grupo utiliza con mayor probabilidad al momento de explicar el proceso de visión y el de percepción del color y en qué se diferencia el modo de conocer que los alumnos utilizan al explicar uno y otro fenómeno*. Analizamos entonces la significatividad de la interacción *contenido x categoría* y en relación con ello, la significatividad de la influencia de la variable *categoría* sobre el tipo de concepción utilizada. En el punto II.3.1 presentamos los resultados obtenidos en el grupo de Educación Secundaria Obligatoria y no Obligatoria y en el II.3.3 los hallados en el grupo de los futuros profesores de Ciencias Naturales.

1. ¿CÓMO INFLUYE EL NIVEL EDUCATIVO EN EL MODO DE CONOCER DE LOS ESTUDIANTES? Un análisis global acerca de la influencia de la educación sobre los modos de conocer de los alumnos.

1.1.- La formación académica vs. las concepciones compartidas respecto del proceso de VISIÓN.

En el gráfico 4.1 se presenta comparativamente las probabilidades medias con que cada grupo utilizó las concepciones subyacentes a las distintas categorías de respuestas propuestas, al momento de explicar el proceso de visión.

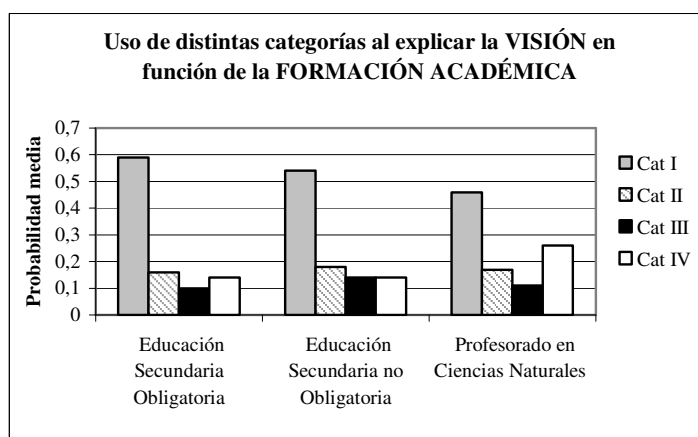


Gráfico 4.1. Probabilidad media con que los alumnos de los distintos grupos usan las diferentes concepciones para explicar el proceso de visión

La interacción múltiple grupo x categoría para este contenido resultó estadísticamente significativa ($F(1468;6)=6,33, p<0,0001$) lo que indica que existen diferencias en la manera en que los grupos explican el proceso de la visión.

Con el fin de estudiar con mayor rigurosidad las diferencias obtenidas atendemos a los resultados del test de Duncan. El mismo revela que no existen diferencias estadísticamente significativas en la probabilidad con que los alumnos de Educación Secundaria Obligatoria y los estudiantes de Educación Secundaria no Obligatoria utilizan las distintas concepciones (subyacentes a las cuatro categorías de respuestas). Así ideas intuitivas (involucradas en las categorías I y II) e ideas coherentes con las de la ciencia (incompletas en el caso de las involucradas en la categoría III y las sistémicas en el caso de la IV) son usadas por ambos grupos de estudiantes con probabilidades similares, sin diferencias significativas. Esto implicaría que la Educación Secundaria no

obligatoria no habría potenciado cambio alguno en relación al modo de conocer que los estudiantes terminaron compartiendo en el nivel educativo anterior, en relación a cómo vemos y porqué vemos como vemos.

Donde sí existen diferencias significativas, según los resultados del test post hoc, es en la manera en que conciben el proceso de visión los grupos de estudiantes de educación secundaria (obligatoria y no obligatoria) y los futuros profesores de ciencias naturales. Los resultados del test de Duncan al respecto se presentan en la tabla 4.1. Allí hemos indicado las concepciones que fueron utilizadas con probabilidades estadísticamente diferentes (con * para $p < 0,05$ y con ** para $p < 0,01$), en el grupo de alumnos de Educación Secundaria Obligatoria (ESO) y en el de futuros profesores, y en éste y el grupo de estudiantes de Educación Secundaria no Obligatoria (ESnoO). A su vez, y con el objetivo de clarificar la lectura y reconocimiento de los datos, hemos indicado entre paréntesis el valor de probabilidad media con que fueron utilizadas las distintas concepciones (subyacentes a las cuatro categorías de respuestas que se indica en número romanos).

ESO vs. Profesorado		ESO				ESnoO vs. Profesorado		ESnoO			
		I (0,59)	II (0,16)	III (0,10)	IV (0,14)			I (0,54)	II (0,18)	III (0,14)	IV (0,14)
Profesorado	I (0,47)	**				Profesorado	I (0,47)	*			
	II (0,17)						II (0,17)				
	III (0,11)						III (0,11)				
	IV (0,25)				**		IV (0,25)				**

Tabla 4.1. Diferencias significativas con que se utilizan las distintas concepciones en los grupos de ESO, ESnoO y Profesorado. Con * se indica $p < 0,05$ y con ** $p < 0,01$

Se observa entonces que los futuros profesores utilizan las ideas que implican asumir que “vemos porque tenemos ojos y miramos” (categoría I) con una probabilidad estadísticamente menor que sus potenciales futuros alumnos de educación secundaria obligatoria y no obligatoria ($p < 0,01$ y $p < 0,05$ respectivamente). En tanto utilizan con una probabilidad estadísticamente mayor que los alumnos de ambos grupos de secundaria ($p < 0,01$) el modelo propuesto por la ciencia que conlleva a explicar que vemos porque “la luz reflejada por los objetos incide y estimula el sistema visual del observador” (categoría IV). Es decir que la educación superior habría potenciado el

aumento de la probabilidad a que los estudiantes usen modelos y modo de razonar coherentes con los de la ciencia para explicar el proceso de la visión.

La probabilidad al uso de las ideas subyacentes a las categorías II y III, en tanto, no se modifica con la formación académica (no se hallan diferencias estadísticamente significativas entre los grupos). A su vez, es baja la probabilidad con que estas concepciones son utilizadas. En tal sentido, menos del 20% de las respuestas que dieron los distintos grupos de alumnos involucran la concepción que implica asumir que “vemos porque la luz ilumina el objeto y el observador lo mira”(categoría II). Respecto al uso de la categoría III, el porcentaje de respuestas que la representa es aún menos (menos del 15%), y con ello la probabilidad de que los estudiantes expliquen que “vemos porque el objeto refleja difusamente parte de la luz que incidió en él y el observador lo mira”.

Los resultados analizados hasta aquí permiten observar que la educación superior potenciaría la disminución del uso de ideas netamente intuitivas, y con ello de explicaciones basadas en razonamientos monovariados, no sistémicos y reduccionista. En correlación con ello, potenciaría el aumento en la probabilidad de usar ideas coherentes con las de la ciencia. En tanto la Educación Secundaria no Obligatoria no potenciaría cambios en el modo de conocer de los alumnos, respecto del nivel educativo anterior (ESO). Pero pese a estas diferencias, en el punto II analizaremos con detenimiento lo que un análisis rápido de la gráfica 4.1 ya permite observar, y es el hecho de que todos los grupos de estudiantes, independientemente de la formación académica, usan las ideas subyacentes a la categoría I con mayor probabilidad que las demás. Esto significa que todos tenderían a explicar el proceso de visión a partir de un modo de conocer netamente intuitivo, que los lleva a concebir que vemos, simplemente, porque “tenemos ojos y miramos el objeto a ver”.

Pero antes de detenernos en este análisis intragrupo, estudiamos a continuación cómo influye el nivel académico de los estudiantes sobre el tipo de concepción que utilizan para explicar el fenómeno del color.

1.2.- La formación académica vs. las concepciones compartidas respecto del proceso de percepción del COLOR.

En el gráfico 4.2 se presenta comparativamente, las probabilidades medias con que los distintos grupos utilizaron las diferentes concepciones (subyacentes a las cuatro categorías de respuestas previamente definidas), al momento de explicar la percepción del color.

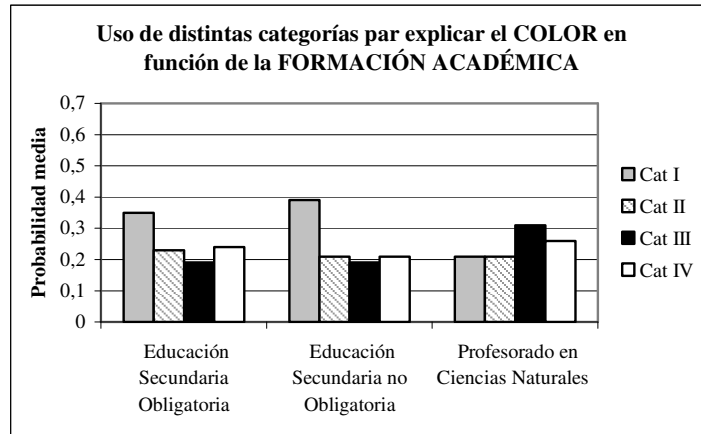


Grafico 4.2. Probabilidad media con que los alumnos de los distintos grupos usan las diferentes concepciones para explicar el proceso de percepción del color

La interacción múltiple *grupo x categoría* para este contenido, resultó estadísticamente significativa ($F(1523;6)=10,14$, $p<0,0001$) lo que implica que existen diferencias en la manera en que los grupos explican el proceso de percepción del color.

Pero el test comparativo de Duncan indica, nuevamente, que no existen diferencias estadísticamente significativas en la probabilidad con que los alumnos de Educación Secundaria Obligatoria y los estudiantes de Educación Secundaria no Obligatoria utilizan las distintas concepciones (subyacentes a las cuatro categorías de respuestas). Al igual que para el contenido *visión*, entonces, ideas intuitivas (subyacentes a las categorías I y II) e ideas coherentes con las de la ciencia (incompletas en el caso de las involucradas en la categoría III y las sistémicas en el caso de la IV) son usadas con probabilidades similares, sin diferencias significativas, por ambos grupos de estudiantes.

En relación con el grupo de futuros profesores, los resultados del test post-hoc revelan que existen diferencias significativas en la probabilidad con que ellos y los alumnos de secundaria utilizan las distintas concepciones. En la tabla 4.2 presentamos

los resultados del test de Duncan, adoptando la misma simbología que la usada con antelación.

ESO vs. Profesorado		ESO				ESnoO vs. Profesorado		ESnoO			
		I (0,35)	II (0,23)	III (0,19)	IV (0,24)			I (0,39)	II (0,21)	III (0,19)	IV (0,21)
Profesorado	I (0,21)	**				Profesorado	I (0,21)	**			
	II (0,21)						II (0,21)				
	III (0,31)			*			III (0,31)			*	
	IV (0,26)				**		IV (0,26)				**

Tabla 4.2. Diferencias significativas con que se utilizan las distintas concepciones en los grupos de ESO, ESnoO y Profesorado. Con * se indica $p < 0,05$ y con ** $p < 0,01$

Se puede observar entonces que los futuros profesores utilizan con una probabilidad estadísticamente menor que el resto de los grupos ($p < 0,01$) las ideas intuitivas para explicar la percepción del color. Y al igual que sucedía con el proceso de visión, los futuros profesores también se diferencian de los alumnos de los niveles anteriores por utilizar con una probabilidad estadísticamente mayor, ideas coherentes con las de la ciencia (subyacentes a las categorías III y IV). En tal sentido, los futuros profesores usan en mayor medida que los alumnos de secundaria obligatoria y no obligatoria ($p < 0,05$), la idea que implica asumir que “el color queda determinado exclusivamente por las características de la luz reflejada selectivamente por los objetos” (categoría III). Desde esta concepción se explica por ejemplo que “vemos rojo un objeto porque éste refleja luz roja”. Se le otorgan entonces un rol pasivo al sistema visual, desconociéndose la interacción que se produce entre él y la luz reflejada por los objetos, en este proceso perceptivo, como así también los múltiples y complejos procesos que en él se llevan a cabo. No obstante esta concepción si bien es incompleta no es incorrecta en el contexto de la ciencia ya que involucra los modelos abstractos propuestos por ella para explicar las interacciones que se dan entre la luz y los objetos. Los modos de razonar asociados, entonces, resultan ser multivariados y no reduccionistas, más coherentes con los de la ciencia que con los del saber intuitivo

El modelo sistémico de la ciencia escolar (subyacente a la categoría IV), que se diferencia del anterior justamente por reconocer explícitamente la interacción entre la luz y el sistema visual en el proceso de percepción del color, es utilizado por los futuros profesores con análoga probabilidad con la que lo utilizan los alumnos de secundaria

obligatoria, y con una probabilidad estadísticamente mayor ($p < 0,01$) que con la que lo usan los alumnos de la secundaria no obligatoria.

Estos resultados permiten observar que, al igual que lo hallado para el proceso de visión, la educación superior potenciaría la disminución del uso de ideas netamente intuitivas, y el aumento en la probabilidad de usar ideas coherentes con las de la ciencia. En tanto la Educación Secundaria no Obligatoria no potenciaría cambios en el modo de conocer de los alumnos, respecto del nivel educativo anterior.

A su vez, el gráfico 4.2 permite observar que las diferencias enunciadas se traducen en el hecho de que los estudiantes de educación secundaria y los futuros profesores de ciencias naturales explican el color en términos esencialmente diferentes. En tal sentido, la mayoría de las respuesta dadas por los alumnos de educación secundaria obligatoria y no obligatoria (58% y 60% respectivamente) se agrupan entre las categoría I y II, que involucran concepciones intuitivas, en tanto la mayoría de las dadas por los futuros profesores (57%) se agrupan en las categorías III y IV, a las que subyacen ideas coherentes con las de la ciencia.

A fin de concluir con mayor fundamento respecto de las diferencias en el modo de conocer compartido por los distintos grupos, en el siguiente apartado analizamos minuciosamente qué concepción utiliza cada uno con mayor probabilidad y cómo influye sobre ello, el tipo de fenómeno que deben explicar. Dicho estudio permitirá analizar con mayor precisión si las diferencias que hasta aquí hemos detectado entre los grupos, conllevan a que los alumnos de secundaria y los futuros profesores de ciencias naturales, expliquen el proceso de visión y el de percepción del color de una manera conceptual, ontológica y epistemológicamente diferente.

2. ¿CÓMO INFLUYE EL CONTENIDO EN EL MODO DE CONOCER DE LOS ESTUDIANTES? ¿Qué modelo utilizan los estudiantes para explicar los procesos de percepción visual? ¿En qué se diferencia el modo de conocer que los grupos utilizan al explicar el proceso de visión y el de percepción del color?

2.1. El modo de conocer compartido por los estudiantes de Educación Secundaria

Con el análisis realizado con antelación pudimos observar que no existen diferencias significativas en la manera en que los alumnos de Secundaria Obligatoria y no Obligatoria explican los fenómenos de visión y percepción del color. Pero en ambos casos se halla que es significativa la interacción *contenido x categoría* ($F(1070,3)=33,6$, $p<0,0001$ para ESO y $F(1256,3)=16,31$ $p<0,0001$ para ESnoO) lo que implica que existen diferencias en la manera en que estos grupos de alumnos interpretan uno y otro fenómeno. Los resultados del test post hoc permiten dilucidar en qué consisten las diferencias enunciadas. En las tablas 4.3 y 4.4 se presentan dichos resultados para el grupo de Secundaria Obligatoria y no Obligatoria respectivamente. Indicamos allí con * y ** (para $p<0,05$ y $p<0,01$ respectivamente) las concepciones que se utilizan con probabilidades estadísticamente diferentes en uno y otro contexto (visión y color).

GRUPO E.S.O. VISIÓN vs. COLOR		Visión			
		Probabilidad con que se Usan las distintas concepciones			
		I (0,59)	II (0,16)	III (0,10)	IV (0,14)
Color Probabilidad con que se usan las distintas concepciones	I (0,35)	**			
	II (0,23)		*		
	III (0,19)			**	
	IV (0,24)				**

Tabla 4.3. Diferencias significativas con que se utilizan las distintas concepciones en el grupo de ESO, en función del contenido. Con * se indica $p<0,05$ y con ** $p<0,01$

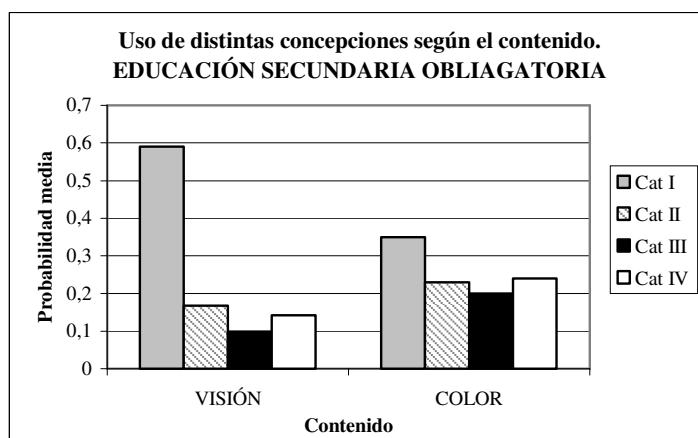
GRUPO E.S.no O. VISIÓN vs. COLOR		Visión			
		Probabilidad con que se Usan las distintas concepciones			
		I (0,54)	II (0,18)	III (0,14)	IV (0,14)
Color Probabilidad con que se usan las distintas concepciones	I (0, 39)	**			
	II (0,21)				
	III (0,19)			*	
	IV (0,21)				**

Tabla 4.4. Diferencias significativas con que se utilizan las distintas concepciones en el grupo de ESnoO, en función del contenido. Con * se indica $p<0,05$ y con ** $p<0,01$

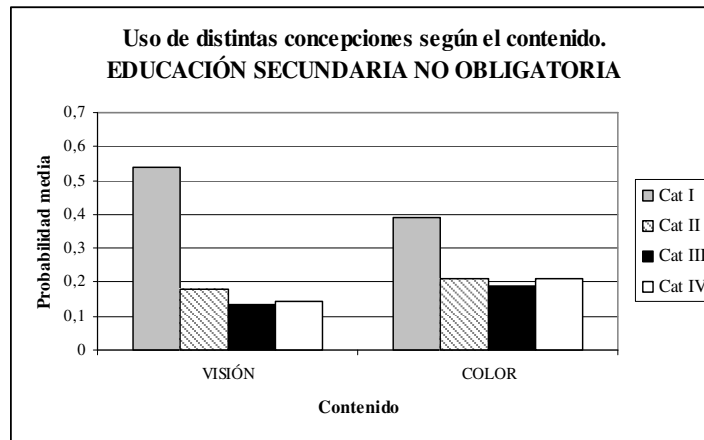
Se puede observar entonces que los alumnos de educación Secundaria Obligatoria utilizan con una probabilidad estadísticamente mayor ($p < 0,01$) las ideas coherentes con las de la ciencia (subyacentes a las categoría III y IV) para explicar el fenómeno del color que cuando explican el proceso de visión. En tanto las ideas netamente intuitivas, son utilizadas con mayor probabilidad ($p < 0,01$) cuando deben explicar este fenómeno. Las concepciones subyacentes a la categoría II (también de naturaleza intuitiva) se utilizan con mayor probabilidad al explicar el fenómeno del color, aunque en este caso la significatividad de la diferencia hallada es menor que en los casos anteriores ($p < 0,05$).

Los estudiantes de Educación Secundaria no Obligatoria, también utilizan las ideas coherentes con las de la ciencia con mayor probabilidad al explicar el fenómeno del color ($p < 0,05$ para la categoría III y $p < 0,01$ para la IV). En tanto las ideas netamente intuitivas son utilizada con una probabilidad estadísticamente mayor ($p < 0,01$) al explicar la visión (la probabilidad con que se usan las ideas subyacentes a la categoría II no difiere con el contenido).

Pero el hecho más significativo aquí es que las diferencias enunciadas no conllevan a que los estudiantes utilicen un modo de conocer esencialmente diferente para explicar uno y otro fenómeno. Las gráficas 4.3 y 4.4 muestran con claridad este hecho, ya que permiten observar que en ambos grupos y para los dos contenidos, la idea utilizada con mayor probabilidad por sobre las demás es la subyacente a la categoría I



Grafica 4.3. Probabilidad media con que los alumnos de Educación Secundaria Obligatoria usan las diferentes concepciones en función del fenómeno que explican



Grafica 4. 4. Probabilidad media con que los alumnos de Educación Secundaria No Obligatoria usan las diferentes concepciones en función del fenómeno que explican

Un análisis *intragrupo* respecto de la influencia de la variable *categoría* sobre el tipo de concepción que utilizan los estudiantes con mayor probabilidad para explicar cada fenómeno, nos permiten concluir con mayor rigor respecto de lo dicho. En tal sentido, la influencia de la variable categoría resulta estadísticamente significativa, en ambos contenidos, tanto en el grupo de Educación Secundaria Obligatoria ($F(532;3)=130,22; p<0,001$ para visión y $F(532;3)=12,24; p<0,001$ para color) como en el grupo de Educación Secundaria no Obligatoria ($F(628;3)=118,12; p<0,001$ para visión y $F(628;3)=28,80; p<0,001$ para color).

Los resultados del test de Duncan revelan que ambos grupos de alumnos utilizan con una probabilidad estadísticamente mayor que las demás ($p<0,01$) las ideas subyacentes a la categoría I, para explicar el proceso de visión y el de percepción del color.

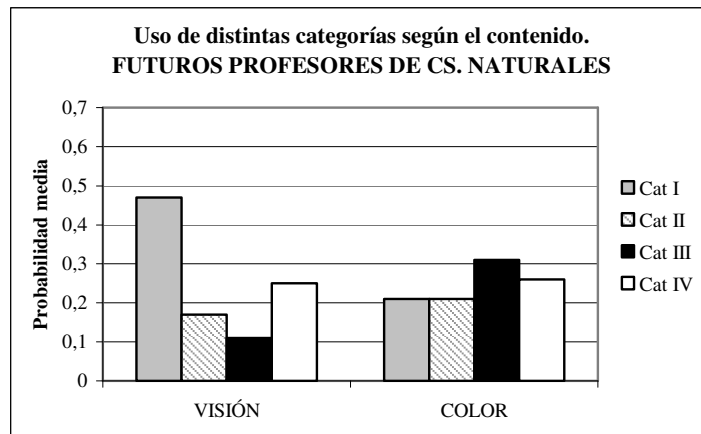
Esto significa que conciben ambos fenómenos en términos de un modo de conocer cotidiano, construido en base al sentido común y la experiencia diaria, más que como producto de una educación científica formal. Así, explican que “vemos porque tenemos ojos y miramos hacia el objeto a ver” y que “el color es una propiedad inherente al objeto”. Es decir que no atienden a las tres variables (luz, objeto, sistema visual) ni a las múltiples interacciones que se dan entre ellas (luz – objeto: absorción, reflexión, transmisión selectiva; luz – sistema visual: percepción) al llevarse a cabo el proceso de la visión y percepción del color.

Estos alumnos, entonces, pese a los nueve (ESO) y doce (ESnoO) años de instrucción formal, siguen utilizando un modo de conocer cotidiano, basándose en hecho o datos observables y no en modelos abstractos y propios de la ciencia para explicar cómo vemos y porqué percibimos objetos de distintos colores.

Al finalizar la Educación Secundaria Obligatoria y no Obligatoria, estos estudiantes terminan compartiendo un modo de conocer al cual hemos caracterizado con principios ontológicos y conceptuales de estado y hecho o dato y uno epistemológico de realismo ingenuo que conlleva a asumir que “el mundo es y se comportan como nuestros sentidos nos lo indican”. Modo de conocer éste que se diferencia sustancialmente del propuesto por la ciencia escolar que se espera los alumnos compartan al finalizar la educación formal.

2.2. El modo de conocer compartido por los futuros profesores de Ciencias Naturales.

Al igual que en los grupos anteriores, la interacción *contenido x categoría* resulta significativa ($F(680;3) = 27,37; p < 0,0001$) en este grupo, y con ello la dependencia del tipo de concepción utilizada con el fenómeno que se intente explicar. La grafica 4.5 presenta la manera en que los futuros profesores utilizan las distintas concepciones al interpretar dichos procesos perceptivos.



Grafica 4.5. Probabilidad media con que los alumnos del Profesorado en Ciencias Naturales usan las diferentes concepciones en función del fenómeno que explican

Los resultados del test post hoc (que se presenta en la tabla 4.5), permiten analizar con mayor minuciosidad las diferencias que existen en el modo en que se explica uno y otro fenómeno perceptivo.

GRUPO Futuros PROFESORES VISIÓN vs. COLOR		Visión			
		Probabilidad con que se Usan las distintas concepciones			
		I (0,46)	II (0,17)	III (0,11)	IV (0,26)
Color Probabilidad con que se usan las distintas concepciones	I (0,21)	**			
	II (0,21)				
	III (0,31)			**	
	IV (0,26)				

Tabla 4.5. Diferencias significativas con que se utilizan las distintas concepciones en el grupo de futuros profesores, en función del contenido. Con * se indica $p < 0,05$ y con ** $p < 0,01$

Nuevamente se observa aquí que las ideas netamente intuitivas son utilizadas con una probabilidad estadísticamente mayor ($p < 0,01$) cuando se explicar el proceso de visión que cuando se explica el de percepción del color. En cambio ideas coherentes con las de la ciencia (en este caso las incompletas subyacentes a la categoría III) se usan con una probabilidad estadísticamente mayor ($p < 0,01$) en este último contexto.

Pero a diferencia de lo detectado en Educación Secundaria, se halla aquí que las diferencias enunciadas conllevan a que los futuros profesores sí expliquen los fenómenos de visión y percepción del color haciendo uso de modos de conocer esencialmente diferente. El análisis intragrupo, para evaluar la influencia de la variable *categoría* sobre el tipo de concepción utilizada con mayor probabilidad en ambos contenidos, permite concluir con mayor rigurosidad sobre lo dicho. En tal sentido, se halla que para ambos contenidos dicha influencia resulta estadísticamente significativa ($F(320,3)=31,06; 0 < 0,0001$ para visión y $F(352,3)=3,36; p=0,02$ para color).

Respecto al proceso de visión, los resultados arrojados por el test de Duncan revelan que los futuros profesores utilizan con una probabilidad media significativamente mayor que las demás ($p < 0,01$), las ideas netamente intuitivas (subyacentes a la categoría I) para explicar este proceso perceptivos. Así, concebirían este fenómeno desde un saber análogo al que comparten sus futuros potenciales alumnos de Educación Secundaria.

Pero un hecho distintivo en este grupo, en comparación a lo hallado en los otros grupos, es que no se observa una marcada tendencia a explicar el fenómeno del color

desde una concepción en particular; esto es, no se observa que un determinado modelo se utilice con mayor probabilidad por sobre los demás. Los resultados arrojados al respecto por el test de Duncan que se presentan en la tabla 4.5, permiten justificar lo dicho

GRUPO Futuros PROFESORES Contenido COLOR		Probabilidad con que se usan las distintas concepciones			
		I (0,21)	II (0,21)	III (0,31)	IV (0,25)
Probabilidad con que se usan las distintas concepciones	I (0,21)			*	
	II (0,21)				
	III (0,31)	*			
	IV (0,26)				

Tabla 4.5. Diferencias significativas con que se utilizan las distintas concepciones en el grupo de Futuros profesores, en función del contenido. Con * se indica $p < 0,05$ y con ** $p < 0,01$

Se puede observar que los futuros profesores utilizan con igual probabilidad (sin diferencias estadísticamente significativas) las categorías I, II y IV a las que subyacen ideas intuitivas y la idea de la ciencia escolar. La única diferencia significativa (y con $p < 0,05$) se da entre la probabilidad con que son usadas las ideas netamente intuitivas (subyacentes a la categoría I) y las involucradas en la categoría III (las cuales resultas incompletas pero no incorrectas en el contexto de la ciencia).

Así, la probabilidad de que los futuros profesores expliquen que el color es una propiedad de la materia (categoría I) no difiere de la probabilidad de que expliquen que el color depende exclusivamente de las característica de la luz que ilumina los objetos (categoría II), ni de la probabilidad de que expliquen que el color es una percepción visual producto de múltiples y complejos procesos que se producen entre la luz, los objetos y el sistema visual (categoría IV). Pero a su vez el uso que hacen de estos últimas concepciones (subyacentes a las categorías II y IV) no difiere de la probabilidad con que usan la implicada en la categoría III.

Los futuros profesores parecen compartir sólidamente un modelo respecto del proceso de visión (el intuitivo, que usan con una probabilidad claramente mayor que los demás), pero no uno en relación al fenómeno del color, ya que en este caso usan modelos antagónicos con probabilidades similares.

Intentando interpretar el modo de conocer compartido por estos estudiantes, realizamos un análisis más minucioso de la situación hallada y observamos que la inconsistencia con que usan los distintos modelos estaría ligada a un aspecto

“contextual”. Esto es, en función de la demanda del problema o tipo de fenómeno a explicar, los estudiantes activan sin distinción aparente uno u otro modo de interpretar el proceso de percepción del color.

Para llegar a esta conclusión hemos analizado en qué medida depende la concepción utilizada por los estudiantes del tipo de problemática a la que se enfrenten a lo largo del test. Hemos realizado este estudio con los alumnos del profesorado y no con los alumnos de Secundaria porque en estos últimos grupos se observó que había una clara tendencia al uso de un modelo en particular (el intuitivo), lo que permitió interpretar con confianza el modo de conocer por ellos compartido. Pero los futuros docentes parecen usar los distintos modelos indiscriminadamente y por ello nos vimos ante la necesidad de intentar interpretar y explicar la situación hallada.

En la tabla 4.6 presentamos (en porcentajes) cómo se distribuyeron las respuestas dadas por los estudiantes en cada categoría y para cada problemática planteada. Indicamos con sombreado qué concepción fue representada por un mayor porcentaje.

CONCEPCIONES VS PROBLEMÁTICAS		% de Respuestas agrupadas en las distintas Categorías			
		I	II	III	IV
Problemáticas	P1	8	8	36	48
	P2	36	7	36	21
	P3	33	32	35	0
	P4	8	40	17	35

Tabla 4.6: Porcentaje de respuestas que se agrupan en las distintas categorías en cada una de las problemáticas relativas al fenómeno del color.

Podemos observar entonces que cuando se cuestiona directamente los futuros profesores acerca de *porqué vemos un objeto de determinado color* (P1), el mayor porcentaje de las respuestas se agrupa en la categoría IV lo que implicaría que utilicen sin aparente dificultad la idea de la ciencia, atendiendo a los tres elementos involucrados (luz, sistema visual y objetos) y a las múltiples interacciones que se dan entre ellos. Pero cuando la problemática ya no implica “declarar” el modelo compartido acerca de por qué se perciben objetos de distintos colores, sino que requiere aplicarlo en diferentes contextos para explicar o predecir situaciones diversas, entonces la posibilidad de elegir la idea de la ciencia no es tan marcada.

Así, en la segunda problemática (P2) que implicaba explicar *el cambio de percepción debido a la mezcla de pigmento*, las categorías I y III están representadas por idénticos porcentajes de respuestas. La primera implica explica que “las pinturas tienen pigmentos de determinado color y la mezcla de esos colores da origen a un color nuevo, diferente a los anteriores”. Esta concepción es netamente intuitiva, a partir de la cual se concibe que el color es una propiedad del objeto. No se tiene en cuenta ni a la luz ni al sistema visual como variables que influyen en su percepción. La idea subyacente a la categoría III implica en este caso asumir que “al ser iluminadas por luz blanca, las pinturas que han sido mezcladas absorben la mayoría de los colores y reflejan (en el caso del ejemplo propuesto en el Test) luz roja y amarilla, motivo por el cual la mezcla se ve anaranjada”. Es decir, se concibe desde esta idea que el color es “algo que está o sucede fuera del observador”, producto de la interacción entre la luz y los objetos. El observador en tanto, y con él su sistema visual, cumple un rol pasivo: mirar lo que ocurre en el entorno que lo rodea. Vale hacer notar el hecho de que entre las opciones propuestas para responder a esta problemática está la de la ciencia, por lo que los alumnos si realmente la comparten podrían haberla elegido también en este contexto. Sin embargo un porcentaje muy bajo de las respuestas que dieron se distribuyen en la categoría IV.

Un caso similar ocurre en lo que respecta a la tercera problemática (P3), donde se les solicita que predigan justificadamente *de qué color se verá un objeto cuando se cambia la radiación incidente, y deja ser la blanca*, como normalmente se utiliza. Observamos así que prácticamente no hay diferencias en el porcentaje de respuestas que se agrupan en las categorías I, II y III. A las dos primeras, recordemos, subyacen ideas intuitivas y a la última ideas incompletas pero no incorrectas. En este caso los alumnos explican indiscriminadamente que: “el color de la luz se mezcla con el del objeto produciendo el cambio percibido”, “que el color depende exclusivamente de las características de la luz incidente, tal que si ella es amarilla, por ejemplo, todo los objetos se verán amarillos” y que “el color depende de las características de la luz reflejada selectivamente por los cuerpos”. Nuevamente se observa aquí, no solo una “competencia” en el uso de ideas intuitivas y coherentes con las de la ciencia, sino que el sistema visual no es considerado explícitamente en el proceso de percepción visual. Tal es así que ninguna de las respuestas se agrupa en la categoría IV.

Finalmente, en la última problemática (P4) donde explícitamente se guía la atención hacia la importancia del sistema visual en el proceso de percepción del color (al analizarse el tema del *daltonismo*) la mayoría de las respuestas se distribuyen entre la categoría II y IV. Es decir, que si el problema requiere atender explícitamente al rol del sistema visual, los estudiantes logran volver a utilizar la idea de la ciencia que, en el caso del ejemplo propuesto en el test, implica explicar que “dado que el sistema visual de esta persona se estimula con luz azul y que la pelota refleja naturalmente esta radiación, verá la pelota azul”. Pero se elige en igual porcentaje la concepción subyacente a la categoría II que implica asumir (en nuestro caso) que “dado que la luz emitida por la fuente de Neón es azul, esta persona verá la pelota azul porque pese a su enfermedad puede ver dicha radiación”. A esta idea subyace un modelo incorrecto que implica asumir no sólo que el color depende exclusivamente de las características de la radiación incidente, sino que el propio proceso de visión de un objeto se reduce a la existencia de luz “capturable” por los ojos, sin atenderse entonces, ni a las interacciones entre la luz y los objetos ni a las que se producen entre la radiación incidente y el sistema visual.

Podemos observar por lo tanto que hay una clara influencia del tipo de problemática planteada sobre las concepciones que utilizan los futuros docentes, hecho éste que explicaría que las distintas ideas fueron utilizadas en el grupo con probabilidades muy similares. Así, si se les pregunta directamente acerca de por qué percibimos los objetos de determinado color o se los hace reflexionar explícitamente sobre el rol del sistema visual en este proceso de percepción, eligen con considerable probabilidad la idea de la ciencia. Pero cuando se contextualiza dicho fenómeno en otra situación, donde la tarea no implica declarar un modelo sino aplicarlo para explicar o predecir dicha situación, ya no es tan marcada esta probabilidad y se observa que utilizan de manera análoga ideas intuitivas y coherentes con la de la ciencia, pero sin otorgarle por lo general al sistema visual un rol activo.

La situación hallada resulta entonces preocupante ya que implicaría asumir que pese a la educación superior los alumnos no han adquirido un modo de razonar y explicar el proceso de visión coherente con el saber científico, y por ende no habrían construido un conocimiento caracterizado por principios conceptuales y ontológicos de sistema e interacción, con la consecuente superación de un principio epistemológico de

realismo ingenuo. Por el contrario, tienden a explicar este proceso perceptivo en términos de hechos o datos y estados.

Respecto al fenómeno del color, en tanto, el mayor valor de probabilidad medio se encuentra asociado al uso de la concepción subyacente a la categoría III. Esto implicaría que los futuros profesores de ciencias naturales tiendan a concebir que el color depende exclusivamente de las características espectrales de la radiación reflejada selectivamente por los objetos, lo que conlleva a explicar que vemos un objeto rojo, por ejemplo porque “refleja luz roja y absorbe el resto de las radiaciones que conforman a la luz que incide en el objeto”.

Pero, como anunciábamos, esta idea se utiliza con igual probabilidad (sin diferencias estadísticamente significativas) que la idea que implica asumir que “el color depende de las características de la radiación incidente” (y entonces cualquiera sea el objeto a ver y las características del sistema visual del observador, el mismo se verá del color de la luz incidente) y que el sistémico modelo de la ciencia que conlleva a asumir al color como un fenómeno de percepción visual. Pero a su vez, este último modelo se utiliza con igual probabilidad que la idea netamente intuitiva subyacente a las categoría I, que implican asumir que “el color es una propiedad de la materia”.

Este hecho, conllevan a suponer que hay una importante “rivalidad” entre las concepciones intuitivas y científicas, que ponen en juego los futuros docentes al momento de explicar este fenómeno. Y como hemos visto, suelen acudir con alta probabilidad a usar las primeras cuando la tarea implica la aplicación de concepciones en distintas situaciones problemáticas, por lo se puede poner en tela de juicio la capacidad que tendrían estos futuros docentes para potenciar en sus futuros alumnos la habilidad de aplicar los modelos de la ciencia en distintas situaciones, habilidad que está esencialmente ligada a un aprendizaje significativo de los modelos científicos, según lo que entendemos en este Tesis acerca de qué significa aprender ciencias.

El hecho de que los futuros profesores usen con baja consistencia una determinada concepción para explicar el fenómeno del color, y que el contexto influya tan fuertemente sobre el tipo de modelo explicativo utilizado, es tan preocupante como el hecho de que para explicar el proceso de visión acudan a ideas netamente intuitivas. Esto dado que una de las características del saber científico es aplicar con consistencia y coherencia argumentativa, un modo de interpretar los fenómenos a partir del cual se reconozcan las múltiples variables e interacciones que entre ellas se manifiestan.

3. CONCLUSIONES

A la luz de los resultados obtenidos hemos podido observar que, al incrementarse el nivel de formación y en lo que respecta al proceso de visión, la instrucción efectivamente ha propiciado la disminución del uso de ideas netamente intuitivas que implica concebir que “vemos porque tenemos ojos y miramos”. A su vez, el incremento del nivel educativo también ha propiciado el aumento en la probabilidad de usar ideas coherentes con las de la ciencia, a partir de las cuales se explica que “vemos porque la luz reflejada selectivamente por los objetos ingresa al sistema visual del observador y desencadenan múltiples procesos que conducen a la visión”. No obstante, vale aclarar que esta disminución y aumento es significativo sólo entre los alumnos del nivel superior y el resto. En tanto, no observándose diferencias significativas en la manera en que explican este proceso perceptivo los alumnos de Educación Secundaria Obligatoria y los de no Obligatoria, pese a los tres años más de instrucción formal que recibieron los segundos frente a los primeros

Pero, los cambios mencionados no implican que los estudiantes de profesorado expliquen el proceso de visión en términos de ideas coherentes con las de la ciencia, sino que la concepción más utilizada por este grupo, y por todos los grupos, es la subyacente a la categoría I que involucra ideas netamente intuitivas, cuyo uso implica la activación de modos de razonar no sistémicos sino reduccionistas. En tal sentido resulta preocupante, no sólo que la Educación Secundaria no haya propiciado cambios conceptualmente profundos en el saber de los estudiantes (que siguen explicando el fenómeno en términos netamente cotidianos) sino que los futuros profesores expliquen en los mismos términos que sus “potenciales alumnos” de Educación Secundaria (obligatoria y no obligatoria); esto es, a partir de concepciones intuitivas y de sentido común.

Respecto del proceso de percepción del color, hemos observado también que los futuros profesores utilizan las ideas intuitivas (categoría I) con una probabilidad media significativamente menor que la hallada para los estudiantes de secundaria (en tanto no se detectan diferencias entre los de Secundaria Obligatoria y no Obligatoria). A su vez, resulta significativamente mayor la probabilidad con que dichos alumnos del nivel superior usan las ideas coherentes con las de las ciencias (subyacentes a la categoría III y IV)

Las diferencias halladas entre los grupos se traducen en el hecho de que mientras los alumnos de Educación Secundaria Obligatoria y no Obligatoria tienden a explicar la percepción del color a partir de ideas intuitivas; los futuros profesores, parecerían tender a explicar las situaciones físicas planteadas referidas a la percepción del color en términos de ideas más coherentes y próximas a las ideas científicas. En tal sentido, la mayoría de las respuestas se agrupan en las categorías III y IV, lo que implicaría que reconozcan que el color queda determinado por las características de la luz reflejada selectivamente por los objetos (ya que éste es el núcleo conceptual que comparten las concepciones involucradas en dichas categorías). Activarían entonces para este caso, una concepción caracterizada por principios ontológicos y conceptuales de proceso y causalidad lineal múltiple, en un proceso superador del principio epistemológico de realismo ingenuo. Pero esta conclusión se ve enturbiada por la baja consistencia con que se usan estos modelos y la alta influencia “contextual” sobre dicho uso. Esto es, y tal como ya lo discutimos, los futuros profesores hacen uso de ideas científicas ante situaciones que implican declarar sus concepciones o cuando se les guía la atención a la importancia del sistema visual en el proceso perceptivo. Si no, suelen recurrir indiscriminadamente y con similar probabilidad a ideas coherentes con las de la ciencia y a ideas intuitivas.

4. TERCERA SECCIÓN. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El primer objetivo de este trabajo fue caracterizar el conocimiento acerca de la visión y la percepción del color, de alumnos de 14 -15 años de edad (que finalizan Educación Secundaria Obligatoria), alumnos de 17 – 18 años (que finalizan la Educación Secundaria no Obligatoria) y futuros profesores de Ciencias Naturales (con especialidad en Biología). Dicha caracterización implicó estudiar si los sujetos reconocían las variables (luz- objeto – sistema visual) e interacciones fundamentales (iluminación, absorción, reflexión difusa, transmisión, percepción) a las que se debe atender al momento de elaborar una explicación científica respecto de los fenómenos perceptivos analizados. Así también nos proponíamos interpretar el conocimiento de los estudiantes en función de los principios ontológicos, epistemológicos y conceptuales que subyacen a cada manera de conocer y los modos de razonamientos asociados.

Nos cuestionamos entonces en primer lugar, acerca de qué modelos explicativos utilizan los estudiantes para explicar la visión y la percepción del color y, en relación

con ello, si reconocen las interacciones luz-materia (absorción, reflexión, transmisión) y luz reflejada y/o transmitida–sistema visual (percepción) al momento de explicar estos fenómenos.

Los resultados obtenidos respecto del proceso de visión nos permitieron concluir que todos los grupos de estudiantes tienden a utilizar un razonamiento que no atiende a las variables significativas implicadas (luz, sistema visual y objeto) ni a sus interrelaciones (luz – objeto; luz – sistema visual) y procesos involucrados (iluminación, absorción y reflexión difusa). Hacen uso de una idea caracterizada por principios conceptuales, ontológicos y epistemológicos de hecho o dato, estado y realismo ingenuo. Estos resultados no difieren sustancialmente de los hallados en el trabajo de la investigación exploratorio (realizado previo a esta Tesis y descrito en el capítulo II) ni de los aportados por otros autores (presentados en el Capítulo II). En este último sentido, son varios los investigadores que dejan en evidencia que alumnos de distintas edades (y consecuentemente diversa formación académica), explican el proceso de visión reconociendo sólo algunas de las variables involucradas (principalmente ojos y luz) y estableciendo relaciones de causalidad lineal simple entre ellas o directamente sin reconocer los procesos involucrados (Galili y Hazan, 2000; Guesne 1989, entre otros). Así los alumnos asumen, en concordancia con lo hallado aquí, que para ver los objetos basta con mirarlos, (Osborne y Black, 1993) que los ojos necesitan luz para ver (Collins y otros, 1998; Guesne, 1989; Osborne y Black, 1993; Selley 1996) y/o que para ver el objeto la luz debe iluminarlo (Collins y otros, 1998; Delval, 1994; Selley, 1996). A su vez, la mayoría de los estudiantes no reconocen la reflexión difusa de la luz en los cuerpos (Guesne 1989; Pesa, Cudmani y Bravo 1995; Pesa, Cudmani 1998; Siquiera, 1993) ni la necesidad de que ésta llegue al ojo para poder verlos (Pesa, Cudmani y Bravo 1995; Pesa, Cudmani, 1998)

En relación al proceso de percepción del color, hemos observado que los alumnos de secundaria (obligatoria y no obligatoria) utilizan con mayor probabilidad las ideas netamente intuitivas. Nuevamente estos resultados se corresponden con los hallados en la investigación previa y los aportados por otros autores. Así, por ejemplo, Anderson y Kärrqvist (1983), Chauvet y Kaminsky (2002), Feher y Meyer (1992), Galili y Hazan, 2000; Guesne (1989) hallaron, al igual que nosotros, que estudiantes de distintos niveles educativos tienden a explicar el fenómeno del color como una propiedad de la materia, que se ve cuando la luz lo ilumina y el observador lo mira.

Pero en este contenido los futuros profesores de Ciencias Naturales se diferencian de los demás grupos por utilizar un modelo que aunque incompleto resulta coherente con el de la ciencia. Este hecho puede relacionarse con que el fenómeno del color, y a diferencia del proceso de visión, es una temática propuesta explícitamente a ser abordada en niveles superiores, y se lo propone relacionado principalmente con las características espectrales de la luz y con los fenómenos de absorción y reflexión selectiva que se producen cuando dicha radiación interacciona con los objetos (Diseño Curricular de la Provincia de Buenos Aires. Educación Superior, 1999). Quizá sea éste el motivo de que los futuros docentes usen la idea subyacente a la categoría III que implica atender exclusivamente a dichos procesos para explicar el color. Y dado que desde esta perspectiva no se lo suele considerar como un proceso de percepción visual, es que se puede pensar que en estos sujetos “conviven” modelos disociados respecto de cómo vemos y cómo y por qué percibimos objetos de distintos colores, tal que usen para explicar el primer fenómeno ideas intuitivas y para el segundo *intenten* utilizar otras más coherentes con el saber de la ciencia. Remarcamos *intenten* dado que también hemos observado que el uso que los futuros profesores hacen del mencionado modelo explicativo en relación al color depende fuertemente del contexto de aplicación y además, cuando no lo usan, suelen acudir a otros netamente intuitivos. Es decir que la inconsistencia sería una importante característica del modo de conocer que comparten los futuros profesores en relación al fenómeno del color.

Estos resultados nos permiten confirmar nuestra primera hipótesis de trabajo, ya que, en la mayoría de los casos, no subyace a las explicaciones de los estudiantes un modelo sistémico de percepción. La visión de los objetos y la percepción del color no se explican por lo general en términos de interacciones y sistemas, implicando modos de razonar pre- científicos, no coherentes con los que subyacen a la manera de conocer de las ciencias.

Los resultados obtenidos también nos permiten confirmar la segunda hipótesis de trabajo que proponía que la enseñanza tradicionalmente impartida en los distintos niveles educativos, no potencia un cambio en el modo de conocer en los estudiantes, desde concepciones intuitivas (compartidas generalmente al comenzar la educación formal) a otras coherentes con las de la ciencia. Esto dado que, si bien con la edad y nivel de instrucción se observó una disminución en la probabilidad con que son usadas las ideas cotidianas (al comparar los resultados hallados en el grupo de futuros

profesores con los de los estudiantes de secundaria) y un aumento de la probabilidad con que se utilizan las coherentes con las de la ciencia para explicar los fenómenos perceptivos, la enseñanza no propicia los cambios conceptuales necesarios como para que los alumnos compartan, al finaliza la educación secundaria (obligatoria y no obligatoria) o el nivel superior, un modo de conceptualizar dichos fenómenos coherentes con los de la ciencia y los utilicen con consistencia para resolver diversas situaciones problemáticas.

Una de las razones por las que los estudiantes, pese a la instrucción sigan concibiendo a los fenómenos perceptivos desde un modo de conocer intuitivo, podría relacionarse con la manera en que tradicionalmente se abordan en la clase los modelos que la ciencia propone al respecto. En tal sentido, quizá como aspecto más significativo que permite interpretar este hecho, es que desde la enseñanza tradicional no se suele propiciar un estudio recurrente (Selly, 1996; Belendez, Pascual y Rosado, 1998) e interdisciplinario (Galili y Hazan, 2000) de dichos modelos.

Respecto al primer aspecto, frecuentemente desde la educación tradicional se suele considerar “enseñado” un tema porque se les transmitió a los estudiantes un modelo coherente con el de la ciencia para explicarlo. Y entonces, una vez abordado el mismo no se suele retomar su estudio, para aumentar gradualmente su complejidad, potenciar instancias donde los alumnos los interpreten, reconozcan su poder explicativo, lo comparen con su saber inicial, lo utilicen en múltiples contextos y situaciones problemáticas. Anteriormente hemos analizado la brecha ontológica, epistemológica y conceptual que separa al saber intuitivo (generalmente compartido por los estudiantes antes de la instrucción) y el de la ciencia (que se pretende enseñar) por lo que consideramos imprescindible otorgar a los alumnos múltiples instancias y tiempo para que puedan experimentar un *verdadero* cambio en su modo de conocer. Pero al no darse este abordaje recurrente (en cada proceso de enseñanza y conforme avanza en los distintos niveles educativos) lo más probable es que el alumno (en el “mejor de los casos”) memorice el modelo propuesto por el docente y hasta quizás llegue a ser capaz de “declararlo” en instancias de evaluación temporalmente cercanas a su presentación en clases de ciencia, pero lo más probable también es con el paso del tiempo, recurra nuevamente a sus sólidas y “originales” ideas intuitivas.

Por otra parte, el hecho de que no se suelen estudiar en forma interdisciplinaria los fenómenos de visión y percepción del color, conlleva a que no se aborden de forma

sistémica e integral los modelos propuestos por la ciencia para explicarlos. En tal sentido lo más asiduo es que se realice un abordaje disciplinar desde una óptica netamente biológica o netamente física. Desde la primera perspectiva, se suele atender principalmente (y muchas veces, exclusivamente) al funcionamiento y fisiología del sistema visual para explicar la visión de un objeto y la percepción de un color (visión cromática), sin atenderse (o atendiendo solo superficial y descriptivamente) a los procesos que ocurren “fuera del observador” relacionados con la interacción luz-materia (absorción, transmisión y reflexión) sin los cuales “no sería posible” que se produzcan los fenómenos perceptivos. Los libros de nivel secundaria dejan claramente en evidencia este hecho (véase por ejemplo Frid y Umerez 1998, uno de los libros más utilizados en la región donde se realiza esta Tesis). En tanto, desde una perspectiva netamente física, se suele atender principalmente a la naturaleza espectral de la luz y a los procesos de absorción, reflexión y transmisión selectiva que los objetos producen cuando incide sobre ellos la radiación, pero no se ocupan (y si lo hacen es a partir de una sintética descripción) de la importancia del sistema visual en los procesos de percepción del color y de visión de un objeto, sin cuya función tampoco los mismo se llevarían a cabo (Galili y Hazan, 2000; Pesa y Cudmani, 1993; Salinas y Sandoval, 1996; Viennot, Chauvet, Colin y Rebmman, G, 2005).

Este tipo de abordaje entonces, tampoco propiciaría un cambio en el modo de conocer de los estudiantes, desde uno más intuitivo hacia otro coherente con el de la ciencia, que se caracterice por su naturaleza sistémica al reconocer de forma integrada a las tres variables que intervienen en los procesos perceptivos (luz, objetos y sistema visual) y a las interacciones múltiples y complejas que se establecen entre ellas.

El propio diseño curricular, propuesto para los distintos niveles educativos, parece apoyar este abordaje no recurrente y disciplinar (Diseño Curricular de la Provincia de Buenos Aires. Marco General, 1999; Diseño Curricular de la Provincia de Buenos Aires Inicial - E.G.B, 1999; Diseño Curricular de la Provincia de Buenos Aires Polimodal (1999); Diseño Curricular de la Provincia de Buenos Aires Educación Superior; 1999). El análisis que ellos proponen respecto de la temática relativa al proceso de visión, quizá deja más en evidencia el hecho de que no se estimula un estudio longitudinal y recurrente, donde se expliciten vínculos y relaciones conceptuales entre modelos explicativos, y se le otorgue el tiempo necesario para que los alumnos experimenten el arduo proceso que implica su construcción. En tal sentido, el estudio del sistema visual

sólo se prescribe explícitamente para la Educación Primaria. En este nivel, la educación en ciencia permite principalmente un abordaje descriptivo de los fenómenos naturales, pero no un estudio sistémico de los complejos y abstractos modelos que el saber científico propone. Por ello, lamentablemente, no debería llamar la atención que pasado el tiempo, esto es al finalizar la Educación Secundaria Obligatoria, la no Obligatoria y/o la Superior, los estudiantes recurran a ideas netamente intuitivas para explicar cómo vemos y porqué vemos como vemos. Quizá esta sea también una de las razones por las cuales los alumnos muestran tener menos probabilidad de elegir las ideas coherentes con las de la ciencia al enfrentarse a problemáticas que involucran el proceso de visión que cuando se enfrentan a aquellas que contemplan al fenómeno del color (cuyo estudio se prescribe para los últimos años de la Educación Secundaria Obligatoria, para la no Obligatoria y para el profesorado, niveles con los que se ha trabajado aquí).

A su vez, la temática relativa al fenómeno del color, es la que más en evidencia deja el hecho de que tampoco se promueve en los Diseños Curriculares un abordaje interdisciplinario de los modelos que la ciencia propone al respecto. En tal sentido, a veces implícitamente y otras de manera explícita, en los mencionados documentos se propone el estudio del color en relación a las características espectrales de la luz y de los fenómenos de reflexión, absorción y transmisión selectiva, sin hacer explícita alusión a la necesidad de estudiar en forma interrelacionada, al sistema visual. Los libros de textos que los docentes utilizan con mayor acuidad, para seleccionar y secuenciar los contenidos que abordarán en sus clases y la manera en que lo harán, proponen este tipo de abordaje disciplinar (para Educación Secundaria Obligatoria y no Obligatoria) atendiéndose prácticamente de manera exclusiva a los fenómenos que se producen “fuera del observador”, al interaccionar la luz con los objetos, pero no se atiende (y si se lo hace es de forma muy sintética y descriptiva) al rol del sistema visual en el proceso de percepción del color (véase por ejemplo Hurrell y otros, 1990, que es otro de los libros muy utilizados por los docentes de Educación Secundaria).

Por esta razón, tampoco debiera llamar la atención que los estudiantes, al finalizar los distintos niveles educativos, expliquen este fenómeno desde un saber intuitivo (dado que la manera en que se lo aborda dudosamente pueda propiciar un cambio radical en su modo de conocer) o bien a partir de un modelo incompleto desde el cual no se llegue a concebir al color como un proceso de percepción visual.

Pero más allá de las *causas*, los datos obtenidos nos alertan sobre la existencia de las dificultades que presentan los estudiantes respecto al aprendizaje de los fenómenos perceptivos y se convierten así en uno de los principales justificativos de la realización de los siguientes estudios.

Los mismos implican la elaboración de una propuesta didáctica tendiente a potenciar el aprendizaje de los fenómenos perceptivos, la evaluación de su potencialidad para alcanzar dicho objetivo y el estudio de cómo aprenden los alumnos cuando se guía el proceso de aprendizaje con la propuesta innovadora diseñada. Estos resultados permitirán tomar decisiones fundamentadas respecto a qué y cómo enseñar y con ello realizar un aporte concreto para la educación formal tendiente a salvar la situación no favorable descrita aquí.

En el capítulo siguiente presentamos los fundamentos científico – didácticos que sustentan el diseño de la propuesta didáctica y describimos en términos generales su implementación con un grupo de 2° año de Educación Secundaria Obligatoria.

CAPITULO V

LA PROPUESTA DE ENSEÑANZA

En este capítulo describimos la propuesta didáctica diseñada para alumnos de 2º año de Educación Secundaria Obligatoria (13 – 14 años de edad), orientada a favorecer el aprendizaje de un modo de conocer coherente con el de la ciencia respecto de la visión y la percepción de los colores.

En el punto 5.1 presentamos los aspectos más generales de la metodología de enseñanza implementada, deteniéndonos en los criterios inherentes a la delimitación de la idea de la ciencia escolar que se pretende compartir con los estudiantes, a la selección y secuenciación de contenidos y al diseño y organización de las actividades. También explicitamos allí, de manera coherente con la propuesta, el rol del docente en la implementación de la misma.

En el punto 5.2 nos referimos a la implementación del proceso de enseñanza describiendo aspectos como el espacio físico y temporal donde fue desarrollado y las características del grupo de estudiantes y del docente encargado del curso. Detallamos también la etapa de acomodación metodológica, que es una instancia previa a la implementación de la propuesta diseñada respecto de la visión y percepción del color, que tiene como objetivo que alumnos y docente comiencen a compartir la esencia didáctico – metodológica que a ésta subyace. En último lugar, presentamos los criterios que guiaron el diseño de materiales didácticos elaborados especialmente en esta Tesis para guiar el aprendizaje de los alumnos.

Finalmente en el Anexo A3 presentamos detalladamente las actividades realizadas por los estudiantes y el docente a lo largo de los procesos de enseñanza y aprendizaje. Para ello describimos una a una las tareas propuestas, los contenidos a abordar con ellas, la instancia educativa a la que pertenecen y el objetivo que persiguen.

5.1. Descripción General de la Propuesta Didáctica Diseñada.

Para diseñar la propuesta didáctica partimos del reconocimiento de que los alumnos, antes de la instrucción, comparten un saber intuitivo caracterizado por principios ontológicos, conceptuales y epistemológico de hecho – dato, estado y realismo ingenuo, que los lleva a asumir que “el mundo es y se comporta como se lo dictan los sentidos” (tal como han mostrado los resultados presentados en el capítulo anterior). Ante esta situación, nos propusimos favorecer con la instrucción un cambio progresivo en el modo de conocer de los estudiantes que implique el paso paulatino desde ese intuitivo inicialmente compartido hacia otro cada vez más coherente con el de la ciencia.

5.1.1.- La ciencia escolar y los contenidos a enseñar

Resulta indispensable como primera etapa en el diseño de una propuesta de enseñanza, definir la idea de la ciencia escolar que se desea compartir con los alumnos, y seleccionar los contenidos a abordar, atendiendo al ya mencionado distanciamiento ontológico, epistemológico y conceptual que separa al saber intuitivo y del científico, como así también a los modelos que la ciencia propone, las características del modo de conocer inicialmente compartido por los estudiantes, al tipo de aprendizaje que se desea potencia y al objetivo último de la enseñanza de la ciencia en educación secundaria (todos aspectos analizados con antelación en los capítulos I y II).

Definir la idea de la ciencia escolar implica establecer puentes entre el conocimiento tal como lo expresan los científicos a través de publicaciones científicas, y el conocimiento que pueden construir los estudiantes de acuerdo a su nivel de escolaridad y de desarrollo cognitivo. Para propiciar este objetivo resulta necesario reelaborar el conocimiento científico de manera que se lo pueda proponer al alumnado en las diferentes etapas de su proceso de aprendizaje (Sanmartí, 2000).

Seleccionar los contenidos, en tanto, implica decidir cuál será el “medio” que permita acceder y construir las estructuras subyacentes al saber de la ciencia, que conlleve a los alumnos a construir esa manera “distinta de conocer” (Pozo y Gomez Crespo, 1998).

Para seleccionar y organizar los contenidos conceptuales a abordar con la instrucción y delimitar el saber a compartir con los alumnos nos planteamos, tal como propone del Carmen y otros (1997) distintas *preguntas ejes*:

- *¿Cuáles son los elementos que participan en el proceso que hace posible la visión de un objeto? ¿Cuáles son sus principales características?*
- *¿Cómo vemos? ¿por qué vemos como vemos?,*
- *¿Por qué y cómo se explica que percibamos los objetos del mundo de determinados color?,*
- *¿Por qué, al cambiar la fuente de luz, pintar el objeto u observarlo a través de un filtro, vemos un mismo cuerpo de distinto color?*
- *¿Por qué no todos percibimos a un mismo objeto de un mismo color?*

La relevancia de plantear estas preguntas radica en que al responderlas, no sólo podemos delimitar la idea de la ciencia escolar, sino también vislumbrar y definir los conceptos más específicos que deben abordarse con la instrucción.

Así por ejemplo, dar una respuesta coherente con la ciencia escolar a la pregunta: *¿Cómo vemos? ¿por qué vemos como vemos?*, requiere del abordaje de contenidos específicos como son: *naturaleza de la luz; procesos de reflexión difusa, absorción, transmisión; fisiología y funcionamiento del ojo humano.*

Seleccionamos entonces de este modo los contenidos conceptuales a desarrollar con la instrucción, los cuales se presentan en la figura 5.1 (en los recuadros rectangulares blancos).

La secuenciación de estos contenidos, en tanto, implicó comenzar con el estudio de fenómenos de menor complejidad, más simples y cercanos al saber inicial de los alumnos, para luego ir abordando aquellos que permitiesen construir explicaciones cada vez más complejas y cercanas a las propuestas por las ciencias. Esto, con el fin de que los estudiantes construyan paulatinamente ideas que en principio sean concretas, simples y cercanas a sus propias concepciones iniciales, y a medida que se produce el aprendizaje evolucionen hacia otras que ganen abstracción, complejidad y se acerquen a las propuestas por la ciencia escolar. De manera análoga se espera que evolucionen a partir de esta propuesta, sus modos de razonar y modos de conocer y con ello los principios ontológicos, epistemológicos y conceptuales subyacentes (en el punto 5.1.2 se explicita con mayor precisión la secuenciación mencionada)

Dado que con la instrucción no sólo se pretende favorecer el aprendizaje de leyes, modelos o teorías propuestas por la ciencia, sino que se intenta potenciar la construcción

de un *modo de conocer* coherente con el que esta propone, seleccionamos y abordamos también contenidos procedimentales, relacionados con el *saber hacer* propio de la ciencia. Así intentamos potenciar el desarrollo de habilidades relacionadas con: la emisión fundamentada de predicciones, la observación crítica de fenómenos y/o situaciones analizadas; la recolección tratamiento e interpretación de resultados y la elaboración de conclusiones a la luz de una fundamento teórico pertinente; el uso coherente y consistente de modelos; el reconocimiento e integración de variables en la elaboración de explicaciones. Los contenidos procedimentales seleccionados se presentan en las figura 5.1 (en los recuadros sombreados).

Finalmente, y siempre intentando favorecer un aprendizaje integral del saber de las ciencias, seleccionamos aquellos contenidos actitudinales que consideramos potenciarían el desarrollo de una actitud crítica que permita a los alumnos reconocer (a partir de una visión epistemológica coherente con las actuales) la naturaleza y características subyacentes del conocimiento científico y de su construcción, para que entonces puedan llegar a reconocerlo como una manera de “ver e interpretar el mundo” alternativa a la cotidiana; pero sin dejar de ser consciente y de valorar la importancia de las ideas propuestas desde su seno para explicar con consistencias y coherencia argumentativa múltiples fenómenos y situaciones. A su vez, al seleccionar los contenidos actitudinales a desarrollar con la instrucción, hicimos especial hincapié en aquellos que favoreciera el desarrollo de una concepción y postura respecto al aprendizaje continuo, comprometida, crítica y reflexiva, tal que permita a los alumnos adquirir una serie de herramientas mínimas de análisis, para evaluar cómo aprendieron y cómo seguir aprendiendo.

Los contenidos actitudinales involucrados en la propuesta didáctica diseñada aparecen en la figura 5.1. (“englobando” a los procedimentales y conceptuales que han sido organizaron alrededor de las preguntas ejes planteadas).

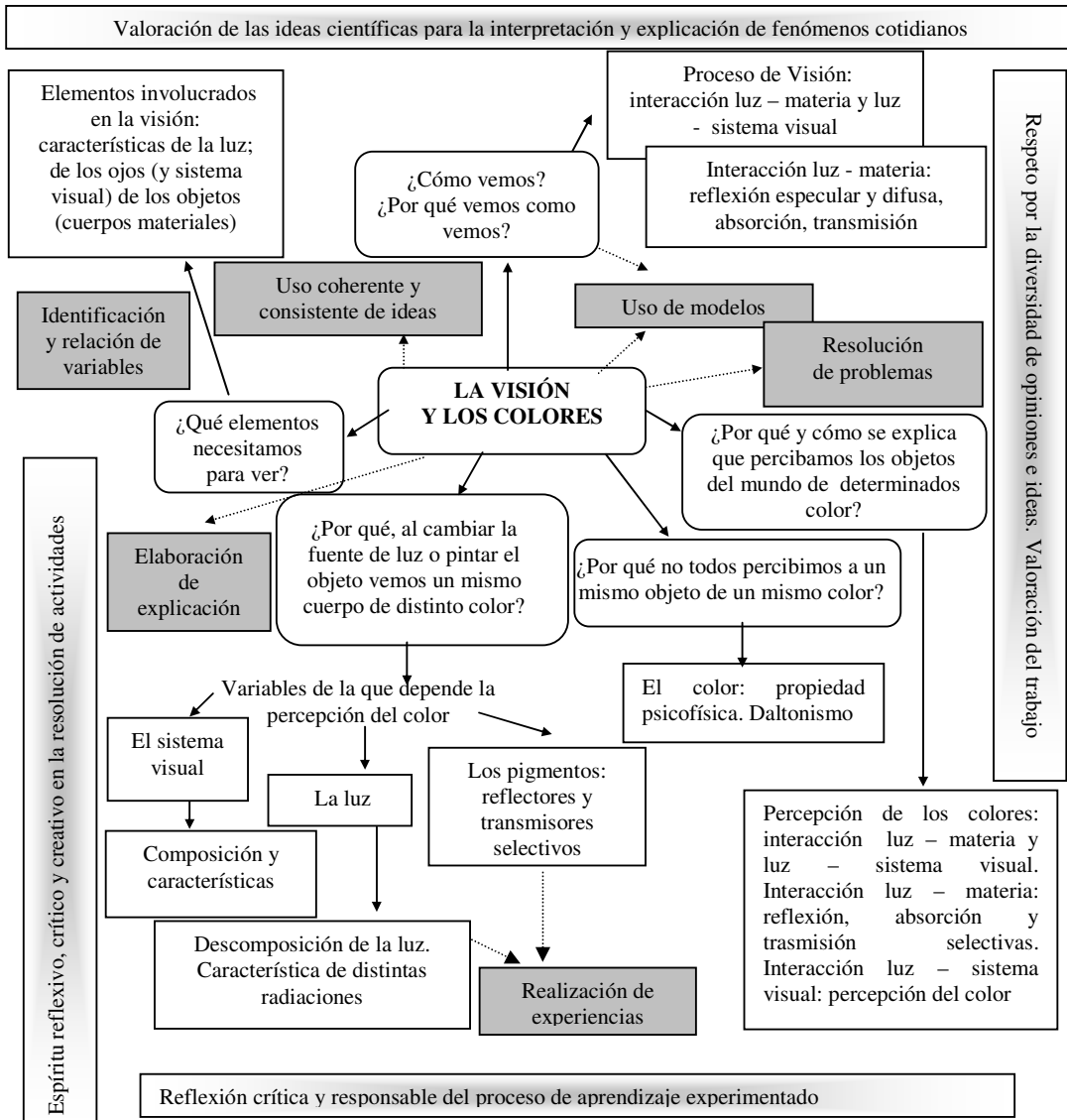


Figura.5.1: Selección, organización e interrelación de contenidos

Ahora bien, los análisis realizados con antelación en el capítulo II (respecto al saber inicial de los estudiantes en relación con el proceso de visión y percepción del color y respecto a los modelos que la ciencia propone para explicar estos fenómenos) y los resultados del trabajo de investigación previo (que en definitiva evidenciaron que es posible la enseñanza y aprendizaje de modelos abstractos y coherentes con los de la ciencia en educación obligatoria) permitieron definir (al dar respuesta a las preguntas planteadas como ejes organizadores) el conocimiento a enseñar, al que designamos como Ciencia Escolar (tomando la denominación propuesta por Osborne y Freyer, 1991) La misma es la reformulación de la ciencia de los científicos, que sin perder su

rigurosidad, se *adapta* al conocimiento inicial de los alumnos de manera tal que el tiempo e instancias educativas que pueden implementarse sean óptimas para favorecer su interpretación y aprendizaje significativo (Sanmartí, 2000).

En función de lo expresado, y en concordancia con Viennot (2002) consideramos posible abordar en 2º año de Educación Secundaria Obligatoria (y con alumnos de 13 – 14 años de edad) un modelo acerca de la visión, coherente con el de la ciencia, que implique considerar las interacciones entre la luz y la materia, y con ello los procesos de absorción y reflexión difusa. En relación con el mismo fenómeno, sería factible analizar el funcionamiento del ojo humano y del sistema visual, reconociendo a la luz como el estímulo externo que permite el funcionamiento de este sistema. Finalmente se aborda el hecho que entre la luz, la materia y el sistema visual se dan múltiples y complejas interacciones cuya interpretación permite explicar fenómenos relacionados con la visión (como por ejemplo porqué no vemos detrás de un cuerpo opaco, o cuál es la importancia de “mirar” en este contexto).

Respecto de la naturaleza y percepción del color, y en concordancia con Chauvent (2002) consideramos que los alumnos de 2º año podrían construir un modelo para explicar el color, atendiendo a los fenómenos de reflexión y absorción selectiva y el previamente construido de visión. En tal sentido, sostenemos que alumnos de este nivel educativo estarían en condiciones de superar la idea que implica asumir que el “color es una propiedad de la materia”, construida principalmente en base de su experiencia cotidiana más inmediata y reconocer que este fenómeno depende de la luz con que se ilumine el objeto, las características del sistema visual de quien lo observa, del pigmento que posea el cuerpo y de las interacciones que se establecen entre estos tres elementos (luz – objeto – sistema visual).

El abordaje de estas ideas, con mayor grado de complejidad en etapas sucesivas de la educación formal y la inclusión de conceptos relacionados con la estructura interna de la materia, los procesos físicos y transformaciones químicas que se llevan a cabo en el sistema visual, los procesos de índole cognitivos involucrados en la percepción, entre otros aspectos, le permitirán al alumno seguir construyendo un modelo respecto de las temáticas planteadas (Galili y Hazan, 2000), cada vez más complejo y coherente con el compartido hoy por la comunidad científica.

A partir de todo lo expuesto, podríamos especificar de manera sintética, la idea de la ciencia escolar a compartir con los alumnos de este nivel educativo respecto del proceso de visión es la siguiente⁸:

“Para ver se necesitan la luz, los ojos y los objetos, pero también que se den una serie de interacciones entre ellos. La luz debe llegar desde la fuente hasta el cuerpo e interactuar con él, produciéndose los fenómenos de absorción y reflexión difusa. Luego, la luz reflejada debe incidir en el ojo del observador. Dado que el ojo se comporta esencialmente como un sistema de lentes, produce la convergencia de la luz hacia la retina, zona donde se hallan las células fotosensibles. Así la luz estimula el sistema visual del observador, lo que implica la estimulación de dichas células y con ello la producción de una serie de transformaciones químicas que darán como resultado el estímulo nervioso que llegará al cerebro, y se producirá la sensación de visión : la percepción del objeto.”

La concepción propuesta, tal como se discutió anteriormente, implica concebir una multiplicidad de variables y relaciones entre ellas. El reconocimiento de dichas variables; el reconocimiento de la naturaleza dinámica y provisional de los modelos científicos (entendidos como una representación de la realidad), implicaría, en el contexto de la ciencia escolar, una idea caracterizada por principios ontológico de sistema y conceptual de interacción, con la consecuente superación del realismo ingenuo (principio epistemológico). En relación con ello, a los modos de razonar implicados en la construcción y utilización de esta concepción, se los podrían describir como plurivariados, sistémicos y no reduccionistas (modos de razonar que en el contexto de la ciencia escolar se conciben como coherentes los “propios” del conocimiento científico).

⁸ En el anexo A10 se adjunta el Cuadernillo Teórico presentado a los estudiantes, y en él se describe, de manera mucho más detallada, el saber de la ciencia escolar que se espera ellos construyan.

Respecto del color, se pretende compartir la idea que implique asumir que:

“Cuando la luz blanca, compuesta por distintas radiaciones (luces de distintos colores), incide en un objeto, éste debido a su naturaleza, absorberá luz con determinadas características y reflejará otras. Esa mezcla reflejada interacciona con el sistema visual del observador lo que implica la estimulación de las células fotosensibles (conos) y la transformación de energía lumínica en pulsos eléctricos que serán transportados hacia el cerebro, lo que finalmente conducirá a la percepción de un único color (ya que el sistema visual no es capaz de discriminar entre las distintas radiaciones que conforman la mezcla de luces que en él inciden). Es por ello que se considera al color como el resultado de un proceso que depende de interacciones complejas entre la luz, la materia y el sistema visual. Así, si cambiamos la fuente de luz, y con ello la radiación incidente, la luz reflejada que terminará estimulando al sistema visual tendrá diferentes características y veremos el objeto de distinto color del que lo percibimos al estar iluminado con luz blanca. A su vez, si pintamos el objeto, será el nuevo pigmento quien interactúe con la luz incidente, reflejando una mezcla de luces distintas a la que reflejaba el cuerpo en las condiciones iniciales, por lo que al interactuar esta “nueva” radiación con el sistema visual, percibimos al objeto de otro color. Finalmente, no todos los seres humanos percibimos necesariamente a un mismo objeto del mismo color. Este fenómeno quizá se pone mucho más en evidencia si atendemos a las afecciones que pueden darse como es el caso del daltonismo, donde la composición interna del ojo es diferente y por lo tanto las interacciones que se dan entre éste y la luz reflejada por los objetos, lo que hace que la percepción final del “color” sea diferente también.

Haciendo un análisis análogo al realizado para la idea de visión, se puede caracterizar la propuesta para explicar el color a partir de principios ontológicos y conceptuales de interacción, sistema y constructivismo y sus características implican la superación del realismo ingenuo (principio epistemológico). A su vez su uso conllevará al uso de modos de razonar coherentes con la ciencia escolar: plurivariados, sistémicos y no reduccionistas.

Pero cómo enseñar esta idea de la ciencia escolar?

5.1.3.- Un propuesta para enseñar la ciencia escolar

En el capítulo I describimos en forma general las características metodológicas que consideramos debiera tener una propuestas de instrucción que “intente” potenciar el aprendizaje del modo de conocer de las ciencias. Dichas características metodológicas se representan esquemáticamente en la figura 5.2.

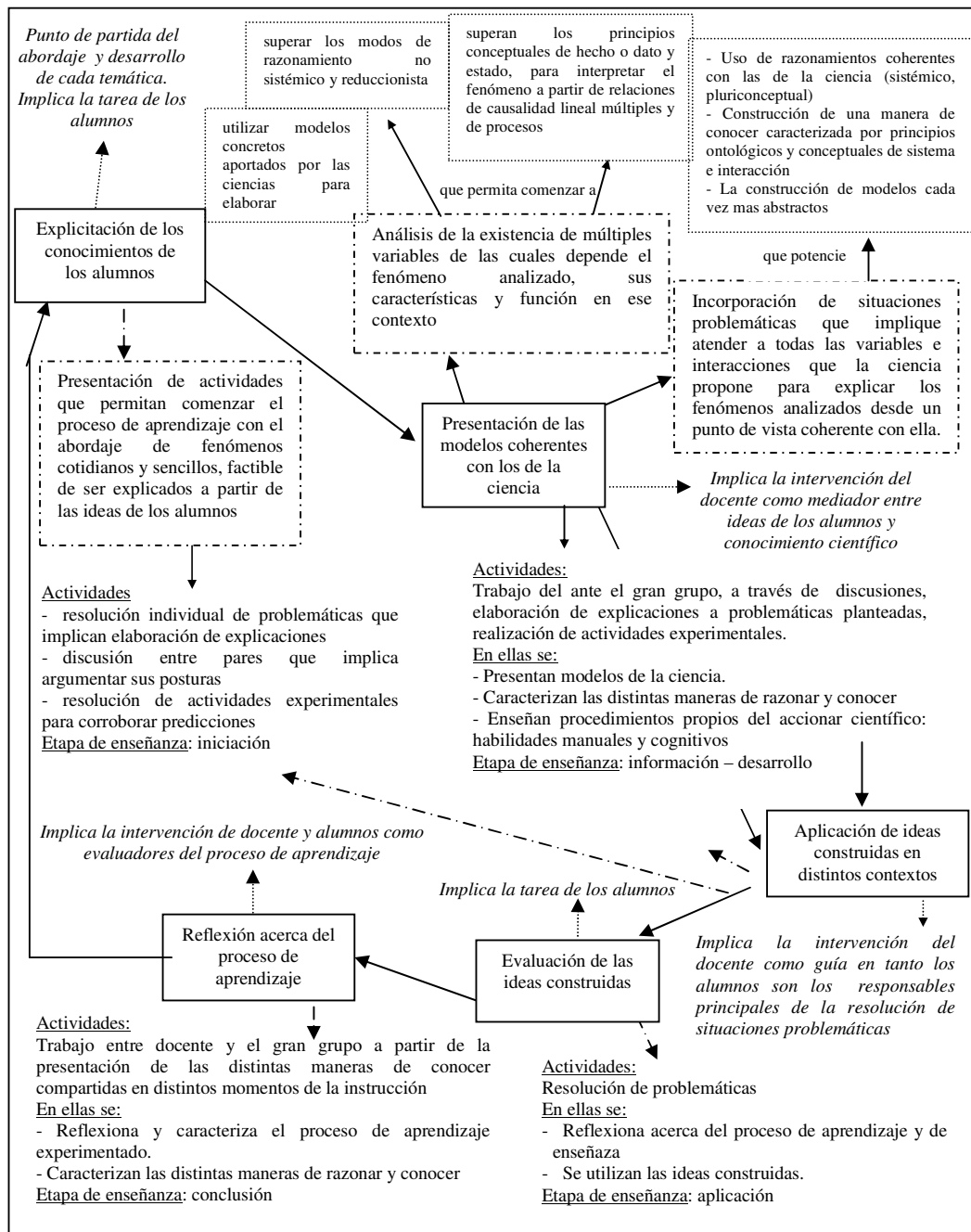


Fig. 5.2: Características de la metodología de enseñanza

Entendemos que estas características metodológicas, contextualizadas en la enseñanza de los procesos perceptivos que se abordan con la propuesta didáctica diseñada, implican el estudio en primera instancia del proceso de visión de un objeto y luego, de manera relacionada con él, la ampliación del modelo subyacente, para terminar explicando la percepción del color. Esta secuenciación se debe no sólo a que la interpretación del primer fenómeno puede presentar menor complejidad conceptual para los alumnos (dado que el estudio del color involucra la atención de mayor número de variables a las que atender para explicar su percepción, y los modelos explicativos involucran mayor número de elementos contra-intuitivos y mayor grado de abstracción), sino y principalmente, porque a diferencia de lo que se concibe cotidianamente, el conocimiento científico interpreta al color como un proceso de percepción visual (Feynman, R; Leighton, R; & Sands, M, 1971; Monserrat, 1998; Flak, F, Brill, D, Stork, D, 1990), por lo que resulta indispensable compartir a priori de su abordaje, un modelo coherente con el de la ciencia que permita interpretar y explicar cómo y por qué vemos como vemos los objetos (Pesa M., Colombo E., Cudmani L., 1998)

En concordancia con lo que propusimos en el punto 5 del capítulo I, la propuesta didáctica diseñada implica que el estudio del proceso de visión comience con el reconocimiento de los elementos involucrados en este proceso.

Desde el saber intuitivo, el elemento que se reconocer espontánea, explícita y principalmente son los *ojos*, debido a que se concibe que para ver “el observador, *simplemente*, debe mirar el objeto”, y entonces es indispensable que “éste tenga los ojos abiertos” y que los mismos les “funcionen correctamente”. En tanto, si bien no asumimos que los estudiantes, desde su saber intuitivo, no consideren que también la luz sea importante para ver un objeto (de hecho recuérdese que autores como Guesne, 1998, por ejemplo, hallaron que los niños suelen atender a esta variable), sí reconocemos que no suelen referirse espontáneamente, a la importancia de ella en el proceso de ver (hecho que se observa, por ejemplo, en el primer estudio realizado en esta Tesis).

Quizá esto se deba a que la radiación lumínica “está por lo general presente” en su vida diaria o que con un proceder “automático” y hasta inconsciente, logran rápidamente la iluminación del espacio. Razón por la cual tal vez den siempre por sobreentendido que para ver debe haber luz, y entonces no aludan a su importancia

explícita y espontáneamente, al elaborar una explicación sobre el proceso de visión. En cambio son los ojos, sus ojos, los que resultan indispensables para ver puesto que si no funcionan correctamente (por padecer alguna enfermedad, por ejemplo) la visión del objeto resulta imposible (o al menos deficiente).

Finalmente, al objeto tampoco se lo suele mencionar espontáneamente al momento de explicar como vemos o al citar los elementos indispensable para ver, dado que la importancia que se le otorga en el contexto del saber intuitivo es la de “estar físicamente”, ya que se asumiría que “si el objeto no estuviera delante de los ojos del observador” no se podría ver nada porque, simplemente “no habría nada que ver” (Bravo, 2000). Es decir esta función netamente pasiva que cumple el objeto en el proceso de ver, conlleva a que espontáneamente no se lo reconozca como involucrado o no se tenga la necesidad de referirse a él, dado que esencialmente se concibe que para ver, basta con mirar el objeto que “obviamente” debe hallarse frente al observador.

Por lo dicho consideramos indispensable crear con la propuesta didáctica instancias concretas y especialmente diseñadas para ayudar a los alumnos a que reconozcan explícitamente a los elementos involucrados en el proceso de visión. Recién una vez que los mismos sean reconocidos, se podría comenzar con el estudio de las interacciones que se dan entre ellos

Una vez consensuado el hecho de que para ver resulta indispensable la presencia de la luz, los objetos y el sistema visual del observador, se comienza con el estudio de las interacciones “duales” que se establecen entre cada uno de ellos. Decimos “duales” porque dichas interacciones se van estudiando “parcialmente” a lo largo de la intervención: luz – objeto primero y luz – sistema visual en segundo término; para luego abordarlas de modo integrado. Así (tal como lo proponíamos en el capítulo I) no se presenta a los alumnos desde un primer momento el modelo propuesto por la ciencia escolar respecto del proceso de visión, sino que se lo aborda paulatinamente con el fin de propiciar un aprendizaje que implique un también paulatino paso del saber intuitivo al saber de la ciencia (que conlleve cambios ontológicos, epistemológicos y conceptuales y la construcción de estadios intermedios entre estas maneras de conocer). Esto dada la complejidad conceptual del mismo (no sólo por su carácter sistémico sino también por la abstracción implicada en la concepción subyacente), el distanciamiento ontológico que lo separa del saber intuitivo y los modos de razonar que deben activarse para su uso (modos de razonar que resultan esencialmente diferentes a los intuitivos).

Se comienza con la interacción luz - objeto y no con la interacción luz – sistema visual, puesto que la primera no presentaría aspectos tan marcadamente contra – intuitivos (al menos no tanto como los que presenta la segunda). Lo dicho, en el sentido que los alumnos suelen reconocer con relativa facilidad (aunque como decíamos, por lo general no espontáneamente) que la luz debe iluminar el objeto para poder verlo, y que la función de éste es simplemente *estar* frente a los ojos del observador.

Concebir que, según el conocimiento científico la luz interacciona con los objetos produciéndose los procesos de absorción, reflexión difusa y transmisión, presentaría una importante complejidad para los alumnos, dado que se debería dejar de considerar las funciones de estos elementos en términos de hechos o datos y/o causalidades lineales simples (el objeto debe estar, la luz iluminar) para interpretarlas en términos de causalidades lineales múltiples y procesos. Pero, la “nueva idea” no se contradice en todo caso con las concepciones iniciales de los alumnos, sino que las ampliarían, al otorgarle funciones más específicas a la luz y los objetos y al reconocerse su interacción. La interacción luz – sistema visual, en cambio, sí presenta marcados aspectos contra-intuitivos en tanto se *contradice* contundentemente con la concepción inicial de los alumnos que implica asumir que “el ojo mira”, “el ojo ve”, “la vista se enfoca en un objeto”, por lo que en este contexto se asumiría más fácilmente el hecho de que *algo* sale de los ojos para ver, que el hecho de que *algo* debe llegar a ellos para producir su funcionamiento. El sistema visual, en el contexto del saber cotidiano tiene una definida función: *la de ver* y su rol es pasivo: *mirar*. En tanto en el conocer científico, son múltiples los procesos internos reconocidos como así también la necesidad de que la luz llegue al ojo para que se produzcan. Motivo por el cual aquí no se trataría de ningún modo sólo de la “ampliación” del conocimiento de los estudiantes, sino de un cambio profundo en la manera en que éstos interpretan el fenómeno.

De hecho, y tal como lo hemos analizado con antelación, Bravo, Pesa y Colombo (2001) hallan que luego de la instrucción, la mayoría de los maestros con los que trabajaron logran usar un modelo que atiende a las interacciones luz – materia (haciendo uso del saber de la ciencia) pero no llegan a compartir una concepción que involucre también al sistema visual, otorgándole un rol activo. Indicativo éste que permitiría asumir que el aprendizaje de los modelos de las ciencias respecto de la interacción luz – materia, presentan menor complejidad que los propuestos para interpretar la interacción

luz – sistema visual (además de dejar en evidencia, como dicen los autores, “el complejo proceso que en sí mismo implica aprender el saber de la ciencia”).

Esta es entonces una de las razones por las que se decide comenzar con el estudio de la interacción luz- objeto. Otra de ellas radica en el hecho de que a esta altura de la educación formal, los alumnos reconocen que la luz interaccionan con los objetos de manera diferente según sus características: “rebota” en los espejos, “pasa o no pasa” en los cuerpos transparentes u opacos (esto no sólo por las observaciones cotidianas que a diario realizan sino porque en Educación Primaria se suelen analizar estos fenómenos en clases de ciencias). Razón por la cual puede abordarse gradualmente los modelos propuestos por la ciencia, respecto de los fenómenos de absorción, reflexión y transmisión y con ello otorgarle a los alumnos herramientas concretas para que puedan no sólo describir los fenómenos observados sino también interpretarlos y explicarlos y con ello, *ampliar y/o completar* su saber inicial.

Finalmente, la interacción luz – objeto, admite su abordaje a partir de actividades experimentales, que a la vez que entusiasman y motivan a los jóvenes estudiantes, ayudarían favorablemente a su reconocimiento e interpretación. Este hecho, permite comenzar el proceso de aprendizaje desde un punto, si se quiere, más “concreto” y a partir del análisis de fenómenos más “observables”. Partir de fenómenos más observables, identificando y atendiendo a los cambios que se producen al modificar alguna variable (como el hecho de que se producen distintos efectos al cambiarse el tipo de objeto que se ilumine) implica no distanciarse drásticamente de la manera en que los estudiantes construyen su conocimiento intuitivo. Esto es, desde el contexto cotidiano, se tiende a atender a fenómenos observados y cambios producidos (Horgart, 2002), aunque obviamente la explicación que se elabora difiere (o suele diferir) de la que da la ciencia. Pero entendemos que ayudar a los alumnos a que comiencen a construir un conocimiento coherente con lo que ésta propone, de una manera que tenga algún punto en común con el proceso que habitualmente activan para construir su conocimiento cotidiano, puede conducir con mayor éxito a que el aprendizaje de los modelos de la ciencia sea significativo y no memorístico.

Luego, a medida que se avanza con la instrucción (y tal como proponíamos en el capítulo I), se puede (y de hecho así se propone con la propuesta diseñada) aumentar la complejidad relativa al proceso de aprendizaje no sólo en cuando a los modelos explicativos abordados sino también a los procesos de construcción de conocimiento

implicados, al tener que interpretarse interacciones que sólo la abstracción admite su concepción y explicación (y ya no hay “hechos o fenómenos” directamente observables que permitan el reconocimiento de aspectos como la estimulación del sistema visual por la radiación lumínica reflejada difusamente por los objetos).

Una vez estudiados los modelos propuestos por la ciencia para interpretar la interacción luz – objeto, se comienza con el estudio la interacción “dual”: luz – sistema visual. Se guía entonces a los alumnos en el reconocimiento de que el sistema visual se estimula cuando la luz ingresa al ojo del observador, pero no se aborda explícitamente todavía que es la luz reflejada por el objeto quien debe estimular el sistema visual para poder verlo. Esto porque se considera que ya es de gran complejidad la interpretación de que la luz es necesaria para el funcionamiento de dicho sistema perceptivo y no solo para iluminar el objeto (“haciéndolo visible”), como para incluir de forma integrada el rol del mismo en el proceso de ver (y con ello su interacción con la luz). Se propone entonces el análisis de la fisiología y fisonomía del ojo humano, como así también el estudio “simplificado” (según lo propuesto por la ciencia escolar para este nivel educativo) acerca de los complejos procesos que ocurren en el sistema visual (relativos a las transformaciones física y químicas que se llevan a cabo gracias al estímulo luminoso) Siempre con el objetivo de que los alumnos “acepten” la estimulación del sistema visual por la luz, se aborda de manera comparativa a su funcionamiento, el de las máquinas fotográficas y se analizan los distintos “sentidos” (tacto, olfato, oído) haciéndose en este caso hincapié en los estímulos externos que ponen en “funcionamiento” a los distintos órganos perceptivos. La inclusión del análisis comparativo con el resto de los sistemas sensoriales radica en que los alumnos, y debido a su experiencia previa (cotidiana y producto también de la escolarización), tienden a aceptar y reconocer rápidamente que el “funcionamiento” de los mismos implica un órgano perceptivo, un estímulo externo y la interacción entre ellos (para ser percibido un sonido, por ejemplo, la energía sonora debe llegar hasta el oído para que éste se ponga en funcionamiento conduciendo a la percepción). Probablemente esto se debe a, como dice Monserrat (1998), “los sistemas somáticos, a diferencia de la visión, nos hacen sentir el propio cuerpo, y si bien hay referencia al exterior, predomina la sensación corporal interna. En la visión también hay efectos corporales (muy complejos por cierto) pero la sensación fenomenológica predominante es, la de “exterioridad” del objeto de sensación visual”. Quizá por ello les resulta a los alumnos mucho más contraintuitivo y menos “aceptable” la estimulación del sistema visual que la del resto de los

sentidos. Por eso esta comparación los puede seguir ayudando en la interpretación y “aceptación” de esta necesaria interacción entre la luz y dicho sistema para que se produzca el proceso de visión. Por otra parte, la analogía con el funcionamiento de la máquina fotográfica, dispositivo tecnológico conocido por los estudiantes, también ayudaría a la interpretación de la mencionada interacción. No resultaría tan complejo concebir las similitudes de los elementos que constituyen al ojo y la máquina y podría resultar más sencillo concebir lo que ocurre en ésta, ya que es un dispositivo tangible, observable, “externo” a ellos (y no como el sistema visual que forma parte de sus cuerpos) para luego extrapolar (con la complejidad que requiere la abstracción en esta transposición) las ideas construidas al respecto, al funcionamiento del ojo humano.

Una vez consensuada entonces la necesidad de que la luz ingrese al sistema visual para producir la visión, se integra a ella la interacción luz – objeto, a fin de construir un modelo sistémico respecto de cómo y porqué vemos como vemos los cuerpos que nos rodean. Para ello, se hace reflexionar a los estudiantes, acerca de que si la luz proveniente directamente de la fuente es la que ingresa al ojo del observador éste (y tal como la experiencia misma permite corroborar) se “encandilaría” pero no vería el objeto. Se hace hincapié en este hecho para ayudar a los alumnos a concluir que es la luz proveniente del objeto (luego que interaccionó con él a partir de los fenómenos de absorción, reflexión difusa y/o transmisión) la que debe llegar al ojo y activar el sistema visual del observador para que pueda verlo.

Quedan entonces en este momento de la instrucción, integradas las interacciones luz - materia y luz- sistema visual en un único modelo sistémico y coherente con el de la ciencia escolar.

Una vez desarrollado el modelo relativo al proceso de visión, se comienza con el abordaje del proceso de percepción del color. En este caso nuevamente resulta de primordial importancia comenzar con el reconocimiento de los tres elementos que intervienen en dicho proceso, puesto que cotidianamente sólo se reconoce a uno: el objeto. Esto dado que se concibe al color como una propiedad de la materia y no como un proceso perceptivo. Es decir que el conocimiento de los alumnos está, nuevamente, conceptual y ontológicamente muy “alejado” del de la ciencia, por lo que se proponen nuevamente, instancias donde se aborden en primer momento las características de cada elemento, luego las interacciones “duales” que entre ellos se producen, para finalmente integrarlas en el modelo propuesto por la ciencia escolar. Con ello se tiende

a potenciar el cambio paulatino en los modos de razonar de los estudiantes (desde los coherentes con un saber cotidiano a los coherentes con un conocer científico).

Para ayudar a los alumnos en el reconocimiento de los elementos implicados, se les proponen actividades experimentales sencillas que se orientan a mostrar por qué la percepción de un color dependen no sólo del pigmento del objeto (idea principalmente compartida por los alumnos), sino también de las características de la luz incidente y del sistema visual del observador (al hacerlos reflexionar, por ejemplo, sobre el daltonismo o sobre la experiencia “real” que no resulta fácil ponerse de acuerdo en la clase, respecto de qué “color” se ve un determinado objeto)

Una vez reconocidos los tres elementos de los que depende la percepción del color, se emprende el estudio de las características de cada uno de ellos.

Se comienza con el análisis de la naturaleza espectral de la luz blanca, puesto que nuevamente, el mismo permite un estudio experimental, que además de resultar particularmente atractivo y descriptivo para los alumnos, los ayuda a comenzar la construcción del nuevo conocimiento a partir de fenómenos observables y conocidos por ellos. Conocidos porque los alumnos pueden concebirlo asociado por ejemplo con la formación del arco iris, lo que presumiblemente llevaría a su aceptación con una menor complejidad conceptual.

En relación con la composición espectral de la luz blanca, se comienza el estudio del sistema visual, al hacer reflexionar a los estudiantes respecto de que pese al hecho experimental de que la misma está compuesta por una multiplicidad de luces coloreadas, se la percibe de un solo “color”. Se intenta de esta manera que se comience a integrar **paulatinamente** al sistema visual como un sistema integrador que cumple un rol más que relevante en el proceso de percepción del color.

Resaltamos paulatinamente porque interpretar la función del sistema visual en este proceso implica una gran complejidad para los estudiantes ya que para ellos el color “está en el objeto” y el ojo debe “mirarlo para verlo”. O, en el mejor de los casos, y a esta “altura” de la instrucción, concebirían que el color se ve, al igual que otra característica del objeto, cuando la luz reflejada por él incide en el sistema visual del observador. Pero el hecho de considerarlo como una propiedad de la materia, implica que comparten una concepción que se halla ontológicamente y conceptualmente distante de la que lo concibe como una percepción. Razón por la cual se debería otorgar múltiples instancias y suficiente tiempo para que puedan ir reconociendo su papel y

construyendo significativamente una concepción cada vez más coherente con la de la ciencia.

En relación con la noción de espectro lumínico (como una composición de luces coloreadas) se introduce sintéticamente (y a modo más bien informativo en esta instancia) la función y tipos de conos presentes en el ojo humano, como así también la idea de la incapacidad del sistema visual de discriminar las componentes en las mezclas de luces. Es decir, se comienza en esta instancia con el abordaje de nociones básicas acerca de la visión cromática, adoptando *implícitamente* (ya que se escapa de los objetivos de este nivel educativo abordarlo de manera “completa” y con la complejidad que requiere) el modelo tricromático, que como señala Galili y Hazan (2000) sería el de menor complicación pero también el más adecuado para responder a una multiplicidad de situaciones cotidianas que pueden abordarse y analizarse en Educación Secundaria.

En relación con ello, se comienza a justificar cada vez con mayor fundamento la importancia de la luz en el proceso de percepción del color, en tanto no sólo respecto a que de sus características depende el color percibido sino en cuanto es ésta el estímulo externo del sistema visual que finalmente conducirá al proceso de percepción de un determinado color. Pero no se involucra en esta instancia el análisis de la percepción del color de un objeto sino que sólo se introduce la idea de que es éste el órgano “encargado” de percibirlo. Así se intenta introducir, insistimos, paulatinamente la noción de que el color no sería algo que está en objeto, ni exclusivamente en la luz o en el ojo, sino que dependerá de las interacciones entre ellos.

Una vez analizadas las mencionadas características del sistema visual y de la luz blanca, se comienza con el estudio de la interacción luz – objeto. En particular se aborda primero la interacción luz – filtros, nuevamente porque la misma admite un estudio experimental que permite dejar en evidencia la naturaleza espectral de la radiación incidente y de la transmitida selectivamente. Y en relación con ello se sigue abordando la noción de visión cromática, relacionada con la percepción de la luz transmitida y la imposibilidad del ojo humano de percibir su composición ya que finalmente se la percibe como de un “sólo color”

La interpretación a partir de los modelos de la ciencia, del fenómeno de transmisión selectiva de la radiación que incide en un cuerpo proveniente de la emisión de una fuente luminosa, permite que se construya una idea coherente con la de la ciencia respecto del fenómeno de *reflexión selectiva*, interacción ésta que interesa que los

estudiantes culminen construyendo, ya que basándose en ella, en el modelo de visión y la noción de de visión cromática desarrollados hasta el momento, se lograría construir un modelo coherente con el de la ciencia respecto de por qué vemos objetos de distintos colores.

Luego de analizar la transmisión selectiva entonces, se realiza un abordaje exhaustivo del mencionado fenómeno de reflexión selectiva, atendiendo a la mezcla sustractiva de los pigmentos y su comportamiento físico como filtros. Esta es una etapa crucial ya que los alumnos deben enfrentarse al estudio de los pigmentos, que para ellos inicialmente, eran la única o al menos la principal causa del color de los objetos. Es por esta razón que no se les propone su análisis hasta después de haberse estudiado la naturaleza de la luz y comenzado el estudio relativo a la visión cromática, como para otorgarles herramientas para que a esta altura puedan al menos “sospechar” que el color implica que se lo conciba como “algo” que va mucho mas allá de ser una propiedad inherente a la materia.

En relación con este fenómeno, se estudia el cambio del color percibido, por mezcla de pigmentos, atendiéndose para justificar este fenómeno, a las características espectrales de las luz incidente y la luz reflejada, como así también el cambio de color percibido al “variar” las características de la radiación que finalmente incide y estimula el sistema visual.

Una vez analizadas las interacciones luz – materia se propone estudiar concretamente el papel del sistema visual en el proceso de percepción del color, y principalmente en esta instancia, las patologías en la percepción del color (puntualmente el daltonismo). Se trata de sentar una base concreta más de la importancia y función del sistema visual en la percepción del color.

Finalmente, aunque ya se lo ha venido desarrollando en todas y cada una de las instancias anteriormente descritas, se presenta a modo de síntesis y conclusión, el modelo de la ciencia escolar, como un modelo sistémico que atiende a un conjunto de elementos involucrados y a las complejas interacciones que se establecen entre ellos.

Ahora bien, como proponíamos en el capítulo II el saber intuitivo y el saber de la ciencia en relación a los procesos de visión y percepción del color, se diferencian sustancialmente en los principios ontológicos, epistemológicos y conceptuales, subyacentes. En relación a ello, en la tabla 2.3 del capítulo II describíamos y ejemplificábamos distintas maneras de explicar los fenómenos mencionados que involucran a las concepciones netamente intuitivas, que suelen ser las compartidas por los estudiantes previo a la instrucción; a ciertas concepciones que surgen como producto de ésta y que resultan correctas pero incompletas en el contexto de la ciencia escolar, y finalmente concepciones coherentes con la que la ciencia propone.

En relación con ello, concluíamos que el aprendizaje de los modelos de la ciencia respecto de la visión y el color, implicaría básicamente pasar de concebir, a partir de una concepción netamente intuitiva, que implican asumir que para ver “el observador debe mirar el objeto y la luz iluminarlo”, en tanto el color se considera “una propiedad del objeto”; para llegar a explicar que “vemos porque la luz reflejada y/o transmitida por el objeto incide en el ojo y estimula el sistema visual produciéndose complejos procesos que conducen a la visión” y que el color “es un proceso perceptivo producto de las interacciones que se establecen entre la luz, los objetos y el sistema visual”.

Dado que las concepciones más intuitivas implican interpretar y explicar el fenómeno en base a hechos o datos y/o causalidades lineales, en tanto la ciencia los concibe en términos de sistema e interacciones, el aprendizaje de los modelos por ella propuesta requiere un cambio radical en el modo de conocer de los estudiantes, en el sentido de que conlleva una modificación en los principios ontológicos, epistemológicos y conceptuales, como así también en el tipo de razonamiento que desde uno y otro contexto se activa (razonamientos monovariados y no sistémicos en el caso del saber intuitivo, razonamientos plurivariados, sistémicos y no reduccionistas en lo que se refiere a la ciencia)

Para favorecer un aprendizaje como es descrito se diseñaron diversas actividades que describimos a continuación

5.1.4.- Las actividades

Al elaborar la propuesta de enseñanza que se evalúa en esta Tesis, diseñamos diversas actividades que fueron organizadas en distintas fases de instrucción. Dichas fases de instrucción se presentan, describen y caracterizan en la tabla 5.1.

Etapa	Estrategias didácticas
Iniciación	<p>Motivar al alumno para explicitar sus propias ideas</p> <p>Motivar (interesar) al alumno por el contenido a abordar a partir de la presentación de distintos problemas.</p> <p>Clarificar e intercambiar ideas previas, señalando sus límites de validez y limitaciones</p>
Información	<p>Explicitar las variables, relaciones e interacciones entre conceptos al presentar los modelos de visión y percepción del color</p> <p>Presentar de manera relacionada e integrada los modelos propuestos desde la ciencia escolar respecto de la visión y la percepción de los colores</p> <p>Analizar la potencialidad de las ideas de la ciencia para resolver y dar respuesta a los problemas planteados</p> <p>Estimular en los estudiantes la participación activa y el planteo permanente de sus dificultades y dudas</p> <p>Estimular la elaboración de explicaciones, para resolver diversas situaciones, haciendo uso de las ideas construidas</p> <p>Enseñar explícitamente procedimientos característicos del quehacer científico.</p> <p>Hacer alusión explícita a la naturaleza y construcción del conocimiento científico y al perspectivismo de ideas</p>
Aplicación	<p>Orientar a los alumnos a utilizar las nuevas ideas en diferentes situaciones</p> <p>Animar a los alumnos a evaluar sus ideas, desarrollarlas y aplicarlas para explicar los fenómenos en estudio</p>
Síntesis y Conclusión	<p>Sintetizar y Evaluar el cambio en las ideas</p> <p>Evaluar la potencialidad de las nuevas ideas</p> <p>Generar espacios de toma de conciencia y reflexión crítica respecto del proceso de aprendizaje experimentado a lo largo de toda la instrucción y de lo que implica entonces aprender ciencias</p> <p>Plantear nuevas preguntas abiertas que motiven a los estudiantes a seguir aprendiendo</p>

Tabla 5.1 *Secuencia de actividades*

Las actividades diseñadas se convierten en instancias que permiten a los estudiantes:

- Explicitar sus ideas respecto a la visión y los colores antes, durante y después de la intervención.

- Elaborar explicaciones basadas en sus ideas (intuitivas o escolarizadas) respecto de distintos fenómenos y reflexionar acerca de las similitudes y diferencias entre ellas y las propuestas por la ciencia escolar.
- Elaborar explicaciones a partir de los datos obtenidos en la realización de distintas experiencias.
- Aplicar las ideas construidas coherentes con las de la ciencia escolar, para la elaboración de explicaciones cada vez más complejas y en distintos contextos,.
- Reflexionar respecto a la amplitud del campo de aplicación de las ideas científicas versus el de las ideas intuitivas.
- Ser concientes y reflexionar críticamente respecto del proceso de aprendizaje experimentado a lo largo de toda la instrucción y de lo que implica entonces aprender ciencias.

Las actividades diseñadas (tal como puede observarse con mayor claridad) en el Anexo 3) fueron diversas, y comprometieron tanto a alumnos como docente. Implicaron trabajos individuales y grupales; actividades de lápiz y papel y experimentales; la exposición del profesor interaccionando con el gran grupo a través de la realización de actividades experimentales, por ejemplo.

Respecto del rol del docente ya hemos mencionado en el capítulo I que una propuesta didáctica con las características descritas implica un docente cuya función principal sea la de guía del proceso de aprendizaje, siendo el responsable de presentar las ideas de la ciencia escolar, enseñar explícitamente procedimientos característicos del quehacer científico, despertar el interés y la curiosidad de los alumnos, ayudándolos a hacer explícitas sus ideas, propiciando que sean conscientes de lo que piensan; animándolos a probarlas, desarrollarlas y aplicarlas para explicar experiencias cotidianas. Así también, atender a las ideas manifestadas por ellos en las distintas etapas de la instrucción a fin de ayudarlos a construir otras nuevas, aplicarlas en distintos contextos y ser concientes del aprendizaje experimentado.

Una vez descritas las características metodológicas de la propuesta didáctica diseñada, estamos en condiciones de detenernos a describir su implementación. A ello nos abocamos en el punto siguiente.

5.2.- La implementación de la Propuesta Didáctica

5.2.1.- El espacio físico y temporal

La propuesta didáctica diseñada, se implementó en el Colegio Monseñor César Cánova de la ciudad de Olavarría (Argentina) en el *Área de Ciencias Naturales*, en cuyo marco deberían desarrollarse de manera interdisciplinaria (según lo propuesto en los Diseños Curriculares Oficiales⁹) contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales relativos al campo de estudio de la Física, Química, Biología, Geología y Astronomía. Dicho espacio curricular tiene formalmente asignado una carga horaria semanal de ocho horas y la implementación de la propuesta implicó un tiempo total aproximado de 80 hs.

5.2.2.- Los alumnos

El grupo de alumnos al que fue dirigida la propuesta didáctica, pertenece a 2° Año de Educación Secundaria Obligatoria, del Colegio mencionado y estuvo conformado por 32 estudiantes

Las observaciones realizadas antes y durante la implementación de la propuesta diseñada, permite describirlo como un grupo muy participativo y entusiasta. En general (salvo lógicas y esperadas excepciones) los estudiantes trabajaron comprometidamente en el desarrollo de las actividades propuestas por el docente, tanto en las realizadas en clase como las que se indicaban realizar en horario extra clases. Si bien eran bulliciosos, no presentaban inconvenientes para trabajar en pequeños grupos, discutiendo y realizando las distintas tareas indicadas. Los pequeños grupos siempre fueron integrados espontáneamente por ellos mismos, en función de sus afinidades, bajo la única consigna de no estar constituidos por más de cinco integrantes.

El docente, durante las entrevistas de trabajo previas a la intervención, realizó una descripción análoga a ésta de su grupo de alumnos, y sugirió a su vez algunos inconvenientes detectados. Puntualmente había observado que los estudiantes presentaban dificultades al momento de elaborar explicaciones a distintas problemáticas planteadas, basándose en los modelos de las ciencias analizados en clase. Según sus palabras, estos alumnos *“son haraganes para escribir y muchas veces dan por*

⁹ Diseño Curricular de la Provincia de Buenos Aires. Marco General (1999) Resolución 13298/99. Dirección general de Cultura y Educación – Consejo General de Cultura y Educación.

supuestas justificaciones o explicaciones y no las incluyen en sus respuestas”, en cambio también había observado que *“por lo general los estudiantes no presentan problemas en el uso del conocimiento aprendido cuando deben exponer oralmente sus explicaciones”*. Es ésta una de las razones por las cuales antes de implementar la propuesta diseñada en relación con el proceso de visión y percepción del color, se lleva al aula otra, de características similares, en una instancia que llamamos de “acomodación metodológica” y que detallamos y justificamos en el punto 4 de esta sección.

5.2.3.- El docente

El docente responsable del curso fue un profesor de Física y Química (graduado universitario), que desde un primer momento se mostró interesado en participar de este trabajo.

Su formación de grado (y trabajos anteriormente realizados con él en contextos fuera de los de esta Tesis) permiten presuponer una sólida formación científica y actualizada formación didáctica, en tanto conoce y comparte los principios teóricos subyacentes a los más actuales modelos de enseñanza y aprendizaje.

No obstante, y debido a los principios innovadores de la propuesta didáctica diseñada, se concretaron instancias de trabajo conjunto antes de la implementación de la misma (además de la mencionada instancia de “acomodación metodológica”). Durante dichos encuentros, se le presentaron tareas tendientes a que explicitara sus ideas respecto a cómo se aprende y cómo debería enseñarse en consecuencia y que las aplicara para caracterizar (a partir de definir contenidos, etapas de la instrucción, objetivos, intenciones didácticas, características de la intervención docente) las actividades que se implementarían luego durante la “etapa de acomodación metodológica” (ver punto 4 de esta sección). Posteriormente, se le propuso leer críticamente un material teórico construido en base al marco que sustenta esta Tesis, donde se le presentaron los fundamentos científico – didácticos de la propuesta diseñada. Se le solicitó entonces que determinara su conformidad o disconformidad con lo allí propuesto, que explicitara aquellos aspectos que no comprendía o no compartía y que reviera las respuestas dadas a la primera actividad (describir actividades de la instancia de “acomodación metodológica”) y evaluara si produciría cambios, intentando potenciar de este modo la actuación profesional crítica y reflexiva. Finalmente se le presentó la

propuesta didáctica relativa a la enseñanza de la visión y percepción del color, con cada una de las actividades a realizar por los estudiantes, como así también las intervenciones que ella debía efectuar ante el gran grupo. Todas las tareas fueron descritas a partir de los contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales a abordarse a partir de su desarrollo, la etapa didáctica a la que pertenecía, el objetivo que perseguía y la metodología de trabajo propuesta. A su vez, se discutió con ella la idea de la ciencia escolar que se pretendía desarrollar en cada momento. Como tarea final se le pidió que diseñara y caracterizara una actividad tendiente a desarrollar algunos de los contenidos involucrados en la propuesta didáctica relativa a visión y color, a fin de que utilice las ideas compartidas hasta el momento y comenzase a participar activamente en el desarrollo de la misma.

Ya durante la implementación de la propuesta, se concretaron encuentros de trabajos antes y después de cada clase. Durante los mismos, se discutieron y analizaron las respuestas de los estudiantes (a fin de evaluar puntos de partida o el desarrollo de la implementación didáctica) y el accionar de ella ante los alumnos, dejando en evidencia aquellos aspectos que habrían ayudado positivamente a los estudiantes en la interpretación de los modelos propuestos, como así también aquellos otros que deberían retomarse, por ejemplo, por no haber quedado clara una explicación, no haberse tenido en cuenta algunas respuestas de los alumnos, no haber tendido tiempo suficiente para el desarrollo de alguna experiencia, explicación o actividad.

La docente, no sólo llevó a cabo la implementación de la propuesta, guiando el desarrollo de las clases y presentando las ideas de la ciencia escolar, sino que también participó activamente en la evaluación de los estudiantes en las distintas etapas propuestas. De las mismas, obtuvo la calificación necesaria para acreditar formalmente ante la institución educativa el aprendizaje de sus alumnos.

Finalmente, de las observaciones realizadas durante el trabajo conjunto con el docente, se puede concluir que la misma participó comprometidamente de la implementación de la propuesta didáctica diseñada. Las concepciones previas respecto a cómo se aprende y cómo enseñar en consecuencia mostraron una gran coherencia y compatibilidad con la propuesta en esta Tesis, hecho que quedó de manifiesto desde un principio con la descripción y caracterización que realizó de las distintas actividades propuestas, como así también durante el desarrollo del proceso de enseñanza. En efecto, se desempeñó como un docente guía del proceso de aprendizaje, en tanto ayudaba no

sólo en la comprensión y realización de tareas, sino en lo que se refiere a la clarificación de las concepciones previas de los estudiantes y la interpretación de las propuestas por la ciencias; fue una docente participativa, en tanto creaba instancias para que sean los alumnos los que explicitaran sus ideas en los distintos momentos del proceso de enseñanza; a la idea de la ciencia escolar la fue presentando a partir de esas concepciones, de manera paulatina, mostrando las ventajas que esta tenía sobre las concepciones intuitivas (por ejemplo para explicar diversos fenómenos); siempre remarcó que se estaban compartiendo modelos: “maneras de representar y explicar a los fenómenos” y no “verdades absolutas y acabadas”; hizo también hincapié en las diferencias que se establecen entre “describir y explicar” dichos fenómenos y en relación con ello la naturaleza y características del saber cotidiano y científico; en todo momento utilizó correctamente la pizarra, en tanto representaba en ella los modelos propuestos, hecho que los mismos alumnos reconocieron explícitamente como positivos para interpretar los contenidos analizados; las actividades colectivas expositivas en general nunca fueron netamente expositivas, sino que tanto cuando presentó la idea de la ciencia, revisó las respuestas de los estudiantes y/o realizó actividades experimentales ante el gran grupo, eran los alumnos los principales protagonistas, en tanto la docente los motivaba para expresarse, representar sus respuestas en la pizarra, explicitar sus ideas ...

Durante las etapas de evaluación propuestas a los estudiantes, se les solicitó entre otras tareas, que emitieran una opinión sobre la manera en que se había desarrollado las distintas temáticas. Entre las respuestas más representativas, respecto del accionar de su docente podemos citar, a modo de ejemplo las siguientes:

A14: *“Lo que mas me ayudó (para aprender) fueron las explicaciones, junto con las actividades y me ayudaron las explicaciones a terminar de entender el tema”*

A29: *“Me gustó la forma en que explicó la profesora en el pizarrón porque así lo podía entender mejor”*

A21: *“Los temas se desarrollaron muy bien, me ayudó mucho cuando la profesora explica todo en el pizarrón con dibujos y cuando trabajamos en grupos porque podemos saber las ideas de los demás compañeros y debatir acerca del tema”*

A16: *“La manera que más me ayudó a aprender fue la explicación de la profesora con dibujos en el pizarrón, ya que no solo escuchaba lo que decía sino que también podía interpretarlo a través de un dibujo”*

A21: “Los temas se desarrollaron de manera muy completa. Me ayuda cuando la profesora explica las cosas muchas veces y hace los dibujos en el pizarrón porque creo que así lo comprendemos todos”

Finalmente, la docente encargada del curso, participó comprometidamente en este trabajo al implementar en el aula la propuesta diseñada, pero no sólo en lo que respecta a la realización de las distintas tareas propuestas, sino que llevó al aula la esencia didáctica que subyace a ella.

5.2.4. Justificación de la etapa de acomodación metodológica

La propuesta que se diseña tiene un carácter innovador en lo que respecta a la metodología de enseñanza que se fundamenta en la concepción de aprendizaje compartido. Si bien la docente antes de la implementación había mostrado una formación didáctica acorde con la que subyace a esta Tesis, consideramos de todos modos necesario y pertinente realizar este período de “acomodación metodológica” para “asegurarnos” de que alumnos y docente se habitúen realmente a la manera de trabajar subyacente a la propuesta diseñada, no sólo por la metodología inherente a los procesos de enseñanza y aprendizaje sino también a las propias de la investigación.

Respecto de las primeras, durante el trabajo de investigación longitudinal realizado con alumnos de Primaria y Educación Secundaria Obligatoria (descrito en el capítulo II), se pudo observar que varias de las tareas innovadoras propuestas pueden ocasionar dificultades “extras” a los estudiantes, debido a que su forma habitual de trabajo difiere de la subyacente a la propuesta que se diseña e implementa. Estas dificultades suelen estar relacionadas, por ejemplo con tareas que impliquen elaborar explicaciones; discutir ideas en pequeños grupos de trabajo para llegar a un consenso; representar a través de diagramas los fenómenos físicos analizados; presentar oralmente las conclusiones arribadas al realizar alguna experiencia de laboratorio y/o resolver algún problema; tomar apuntes de clase..., aspectos éstos que se consideran relevantes en la propuesta didáctica eje de estudio. Como se comentó, en este grupo en particular, antes de la instrucción no se observaban problemáticas relativas al trabajo en pequeños grupos, y el docente garantizaba por su experiencia con estos alumnos el eficiente desempeño de ellos en tareas experimentales y exposiciones orales. No obstante, sí reconocía la dificultad de los estudiantes para elaborar explicaciones y fundamentar respuestas de manera escrita. Esto representaba entonces un aspecto al que atender

primordialmente, puesto que, por un lado, el objetivo de la propuesta diseñada no sólo implica la construcción de los modelos de la ciencia sino también el desarrollo de la habilidad de aplicarlos con consistencia, lo que requiere que una serie de habilidades mínimas al respecto se hayan comenzado a desarrollar con anterioridad para que el aprendizaje de las mismas también sea gradual y paulatino y se le otorgue a los estudiantes un tiempo considerable para garantizar el éxito de los aprendizajes. Pero, por otro lado, este aspecto resultaba crucial dado que la fuente de datos principal para esta investigación es el material escrito por los estudiantes en distintos momentos de la instrucción, y su incapacidad o baja interés para producirlo podría sesgar negativamente las conclusiones a las que finalmente se arribasen.

Respecto de la necesidad de que alumnos y docente se habitúen también a las características metodológica propias de la investigación, se debe a que también en las investigaciones previas se observó que la presencia de personas ajenas a la clase (como un investigador) y de los dispositivos utilizados como toma de datos (grabadores y filmadoras) pueden causar una fuerte distracción o inhibición en los estudiantes (y frecuentemente también en los docentes)

Es decir, esta instancia de “acomodación metodológica” se convierte en una propicia para que alumnos y docentes se habitúen a los aspectos característicos del proceso de enseñanza propuesto y los propios de la investigación.

Se diseñó entonces, con los mismos fundamentos didácticos que la propuesta que atiende a los procesos de visión y percepción del color, otra tendiente a analizar el fenómeno de formación del día y la noche. La implementación de esta propuesta didáctica se desarrolló durante tres semanas (24 horas) y las actividades implementadas se presentan en el Anexo A11.

Se propone abordar en esta etapa contenidos relacionados con “la formación del día y la noche” por ser un tema sobre el cual los alumnos han trabajado en instancia previas de su educación formal (en Educación Primaria principalmente), intentando evitar una complejidad relativa a aspectos conceptuales, pudiéndose entonces poner mayor énfasis en el abordaje explícito de contenidos procedimentales y actitudinales, como por ejemplo: elaboración de explicaciones, identificación conciente de variables, uso consistente de ideas construidas, reflexión crítica respecto al proceso de aprendizaje experimentado, construcción, uso e interpretación de modelos. Todos ellos necesarios

para seguir siendo desarrollados y aplicados durante el proceso de aprendizaje de los procesos perceptivos.

Pero a su vez, el estudio de este fenómeno (formación del día y la noche) permite el abordaje de contenidos conceptuales que se consideran claves que el alumno conozca a la hora de iniciar la construcción de una idea respecto a la visión y percepción de los colores coherente con la propuesta desde la ciencia escolar, como lo son: características de la luz (en relación a su propagación) y las fuentes de luz e interacción luz materia (fenómenos de reflexión, absorción y transmisión). Todos ellos están incluidos en los diseños curriculares oficiales de educación primaria, pero su abordaje en ese nivel suele implicar un análisis más bien descriptivo. En esta oportunidad se abordan a partir de modelos más complejos, y se hace mayor hincapié en la reflexión difusa (fenómeno éste que por lo general no es abordado en el nivel educativo previo)

5.2.5.- El material para los alumnos

Inmediatamente antes del inicio de la aplicación de la propuesta didáctica, se les entregó a los estudiantes un cuadernillo de actividades (el cual se adjunta en el Anexo A9), donde aparecen todas las actividades (excluidas las de evaluación) diseñadas para potenciar el aprendizaje de los fenómenos perceptivos abordados con la propuesta. Se incluyeron allí las distintas tareas a realizarse individual y grupalmente, las cuales involucran actividades experimentales, de búsqueda bibliográfica y de resolución de problema, ha realizarse en clase algunas o como tareas para el hogar otras.

Sobre dichas actividades, y su potencial ayuda para aprender los contenidos abordados, también los alumnos emitieron sus opiniones. Entre las respuestas que dieron, pueden citarse por ejemplo las siguientes:

A8: “Me ayudó todo a aprender, no me gustó escribir mucho, me ayudó el trabajo grupal”

A15: “Me ayudó mucho poder comparar las respuestas que daba antes con las que doy ahora.”

A11: “Lo que me ayudó mas a comprender fueron las actividades orales y los dibujos con que complementamos las respuestas”.

A29:”Me pareció apropiado trabajar en forma grupal porque podíamos escuchar las opiniones de todos y no sólo las de uno solo. También me ayudó trabajar en forma individual, para saber cómo iba yo aprendiendo... la verdad es que no hubo nada que no me haya gustado”.

A8: “Lo que mas me ayudó fue trabajar oralmente y en grupo porque todos podíamos discutir nuestras ideas y conclusiones”

A19: "Me gustaron mucho las actividades, el libro y también hacer experiencias, porque me ayudan a ver que es lo que pasa. A mi me gusta más trabajar sola, porque en grupo es más fácil distraerse, pero hacer experiencias está bueno hacerlas en grupo"

Junto a las actividades presentadas a los alumnos, se incluyó un apunte teórico (que se presenta en el Anexo A10), diseñado especialmente en esta Tesis, en el cual se presenta la idea de la ciencia escolar propuesta para explicar en este nivel educativo los procesos perceptivos analizados. El mismo se realizó con el objetivo de que los alumnos contaran con un material bibliográfico de apoyo. Esto porque se observó que en los libros de textos dirigidos a la Educación Secundaria Obligatoria (como por ejemplo en Hurrell y otros, 1990) no abordan de manera integrada los procesos perceptivos (tal como lo reconocen otros autores como por ejemplo Galili y Hazan, 2000) ni subyace a dichos abordajes una concepción científica, didáctica, psicológica y epistemológica como la propuesta en esta Tesis. Así, los fenómenos de la visión y percepción del color no se suelen abordar como procesos perceptivos, atendiendo a todas las variables de manera integrada e interconectadas, sino que se suele abordar el estudio del ojo humano (estructura, composición y funciones) desde un punto de vista netamente biológico, y el color, desde una perspectiva principalmente física, atendiendo a las características espectrales de la luz y a los procesos que se producen cuando la radiación interacciona con los objetos. A su vez, la bibliografía vigente para la Educación Secundaria Básica se caracteriza por ser más bien enciclopedista en tanto los fenómenos naturales abordados en ellos son *descritos* (más que explicados a partir de distintos modelos) en unas *pocas líneas*. Este abordaje, que resultaría más coherente con una metodología de enseñanza tradicional, no se corresponde con el propuesto en esta Tesis, y desde este marco se concibe que el mismo no potenciaría un aprendizaje significativo de los procesos perceptivos en particular, ni de las ciencias en general.

En el apunte teórico diseñado, se presentan las distintas variables de las que dependen los fenómenos perceptivos, sus características y la relación que se establece entre las mismas al momento de explicar los procesos de la visión y percepción del color desde un punto de vista coherente con el de la ciencia. A su vez, en él se presentan distintos modelos que aparecieron a lo largo de la historia de la ciencia, con el objetivo de mostrar su dinámica y las características de su construcción, pero también las características de abstracción, coherencia y consistencia que presentan los modelos más elaborados y complejos. También se deja en explícita evidencia, la manera en que se

tienden a explicar los mismos fenómenos intuitivamente y se relaciona con ello entonces el saber cotidiano diferenciándose del científico. Los modelos propuestos por las distintas disciplinas, se presentan de manera integrada en este apunte, explicando fenómenos cotidianos conocidos para los estudiantes, a partir de modelos plurivaridos, sistémicos y abstractos, que aunque obviamente no son los compartidos actualmente por la comunidad científica, sí resultan coherente con ellos, y el abordaje realizado deja explícito este hecho a fin de que los alumnos no den por concluido el aprendizaje de estos temas sino que sean concientes que el mismo debe continuar conforme avance su edad y nivel de instrucción, complejizando cada vez mas su modo de conocer e interpretar los fenómenos naturales.

Algunos estudiantes hicieron explícita la importancia del material bibliográfico en su proceso de aprendizaje, opinando por ejemplo:

A23: *“Lo que mas me ayudó a aprender sobre este tema fue realizar gráficos y la información que tenía en el cuadernillo”*

A26: *“... tener la teoría al final del cuadernillo ayuda mucho”*

A2: *“Lo que me ayudó mucho para aprender fue el libro porque los temas iban ordenados y se relacionaban entre sí”*

Evaluar la potencialidad de la propuesta descrita, para propiciar un aprendizaje entendido como un cambio en el modo de conocer, es uno de los objetivos primordiales de esta Tesis. En el capítulo siguiente presentamos el estudio experimental que permite concluir al respecto.

CAPÍTULO VI

SEGUNDO ESTUDIO: Evaluación del aprendizaje de alumnos de Educación Secundaria Obligatoria, acerca de la visión y la percepción del color, cuando se implementa en el aula la propuesta didáctica innovadora.

1. PRIMERA SECCIÓN. Descripción y Justificación del Estudio.

Los resultados del primer estudio realizado (los cuales fueron presentados en el capítulo IV) alertaron acerca de que la instrucción que tradicionalmente se implementan en las clases de ciencia, no parece potenciar el aprendizaje significativo de los modelos que ésta propone en relación a los procesos de visión y percepción del color. En tal sentido pudimos observar que pese a la enseñanza formal, los alumnos de distintos niveles educativos, siguen compartiendo un saber más cercano al intuitivo que al de la ciencia. Consideramos entonces necesario diseñar una propuesta de enseñanza innovadora tendiente a revertir la situación hallada. Pero consideramos también que es menester evaluar su potencialidad para propiciar el aprendizaje de los modelos de la ciencia, entendiéndose que el mismo implica un cambio (ontológico, epistemológico y conceptual) del modo de conocer que los alumnos inicialmente comparten.

El presente estudio tiene como objetivo principal, analizar el aprendizaje que experimenta un grupo de alumnos (llamado aquí experimental) al que se ha dirigido la metodología de enseñanza que hemos diseñado. Estudiamos comparativamente dicho aprendizaje, con el potenciado en otro grupo (llamado aquí control) donde el docente a cargo desarrolló la instrucción que tradicionalmente implementa para enseñar los modelos de la ciencia en relación a los procesos de visión y percepción del color.

La propuesta de enseñanza innovadora y la tradicional se diferencian esencialmente entre sí por las concepciones científico – didácticas que subyacen a cada una.

Con la propuesta didáctica diseñada (que hemos descrito exhaustivamente en el capítulo anterior), se orientó básicamente a los estudiantes a ser concientes de su modo de conocer inicial, de las similitudes y diferencias que se establece entre éste y el saber de la ciencia, de la potencialidad de éste último para explicar múltiples fenómenos cotidianos y del cambio, en su modo de conocer, que experimentaron al aprender. A su

vez, se intentó en todo momento propiciar un aprendizaje paulatino e integral, a partir de un abordaje interdisciplinario, que conlleve al reconocimiento de las múltiples variables e interacciones que desde el saber de la ciencia escolar (y a diferencia del saber intuitivo) se reconocen al momento de explicar los procesos de visión y percepción del color. Siempre se intentó guiar a los alumnos a que transiten conscientemente y con la mayor confianza, compromiso, participación activa y éxito posible, el complejo proceso de aprendizaje de las conceptualizaciones científicas. Asumiendo que dicho proceso implica una gran complejidad para los estudiantes, se les otorgaron múltiples instancias didácticas y sobre todo tiempo para que logren no sólo interpretar los modelos de la ciencia, sino también relacionarlos con su saber inicial y aprender a aplicarlos consistentemente y con coherencia argumentativa en múltiples contextos y situaciones problemáticas. Así las principales características de la propuesta diseñada se sintetizan en la figura 6.1

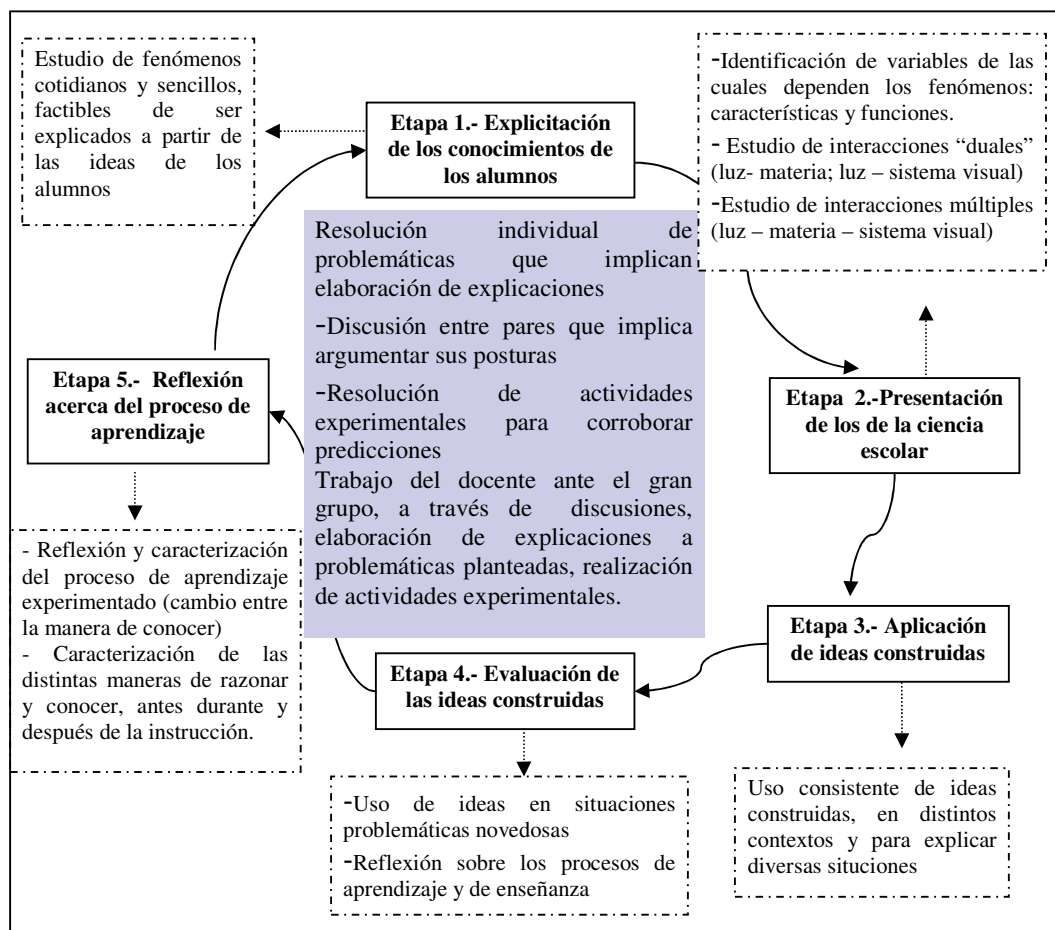


Figura 6.1. Características esenciales de la propuesta diseñada

La instrucción implementada en el grupo control, en tanto, se caracterizó principalmente, por hacer un análisis más bien disciplinar (y propio de la Física) de los procesos de percepción visual, centrándose en los fenómenos que se producen al interaccionar la luz con los objetos. A su vez, el desarrollo de estos temas se limitó fundamentalmente a la descripción de fenómenos, hechos o datos, más que a la interpretación y explicación de los mismos a partir de los modelos propuestos por la ciencia. Dichos modelos a su vez, fueron explicitados, transmitidos, por el docente en algún momento de la instrucción pero su uso (y el desarrollo de la habilidad de usarlos) en distintos contextos, por lo general no fue propiciado. Las características de la evaluación del grupo de control, finalmente, parecen dejar en evidencia que la memorización de hechos, datos, fenómenos y/o modelos, es lo que busca la instrucción, ya que por lo general se les solicita en esta instancia a los estudiantes que *declaren* aspectos analizados en clase, como por ejemplo predecir de qué color se verá un objeto cuando se cambia la radiación incidente o que expresen cómo vemos un cuerpo, pero no se les proponen situaciones novedosas donde deban aplicar las *supuestas* ideas construidas para explicar (más que describir) distintos fenómenos.

Ante estas propuestas de enseñanza sustancialmente diferentes, estudiamos las concepciones de los grupos de estudiantes en tres momentos: antes de la instrucción (instancia pretest), inmediatamente después de su implementación (instancia postest) y luego de que pasaron tres meses desde la culminación del proceso de enseñanza (instancia demora).

El pretest tiene como objetivo estudiar el conocimiento de los estudiantes a priori del proceso de enseñanza formal. Esto no sólo para analizar la homogeneidad inicial de los grupos control y experimental, sino principalmente, con el fin de conocer, interpretar y describir exhaustivamente el modo de conocer compartido por los alumnos en esta instancia, para luego poder compararlo con el que comparten al finalizar la instrucción. Analizar el cambio que pueda producirse entre uno y otro momento permitirá evaluar y caracterizar el aprendizaje experimentado por cada grupo y la potencialidad de las propuestas de enseñanza para propiciar uno significativo. Con los datos aportados por la instancia postest, entonces, se puede detectar, describir e interpretar el modo de conocer que presentan los alumnos inmediatamente después de culminada la instrucción. Finalmente el test demora tiene como objetivo estudiar el conocimiento de los estudiantes luego de transcurrido un cierto tiempo desde la culminación del proceso de

enseñanza (tres meses en este caso), como un indicativo más que permita concluir acerca de la significatividad del aprendizaje experimentado. En tal sentido, se considera que los sujetos habrán aprendido los modelos de la ciencia, si pueden seguir utilizando el conocimiento construido después de haber transcurrido un cierto tiempo.

El análisis mencionado se realiza de forma diferenciada sobre las respuestas que los estudiantes dan en relación al proceso de visión y sobre las que elaboran respecto del proceso de percepción del color. Esto dado que, (tal como se justificó en el capítulo IV y se observó en el estudio anterior) los alumnos pueden, y suelen, utilizar modos de razonar y conocer diferentes (en lo que respecta a sus características ontológicas, epistemologías y conceptuales) al explicar uno y otro fenómeno. Es por ello que el contenido se convierte en una variable más que relevante a atender al momento de intentar interpretar y describir las concepciones que comparten los estudiantes en relación a estos procesos de percepción visual, antes y después de la instrucción.

Dado que en esta Tesis entendemos que el aprendizaje de la ciencia no implica sólo la construcción de un modo de conocer conceptualmente coherente con lo que ella propone, sino también el desarrollo de la habilidad de utilizar sus modelos consistentemente y en distintos contextos para elaborar explicaciones, es que analizamos las ideas de los estudiantes en dos tareas esencialmente diferentes. En la primera de ellas, los sujetos deben *elegir* una explicación entre distintas opciones de respuestas, para responder a las problemáticas planteadas. En la segunda son ellos quienes deben *elaborar* las explicaciones. Elegir o elaborar son tareas esencialmente diferentes, dado que los alumnos, en función de la manera en que han aprendido (y se les ha enseñado) pueden ser capaces de reconocer la idea de la ciencia escolar entre distintas opciones de respuestas, pero pueden no tener la habilidad de utilizarla para construir una explicación (Bravo, Braunuller y Rocha, 2006; Verter, 1993).

Consideramos que el aprendizaje del saber de la ciencia, tal como lo concebimos en esta Tesis, debería implicar que los alumnos no sólo sean capaces de reconocer el modelo por ella propuesto sino también de aplicarlo en múltiples contextos para elaborar sus explicaciones. Un aprendizaje memorístico en tanto puede conducir, con relativo éxito, al reconocimiento de los modelos de la ciencia (entre distintas opciones de respuestas) pero dudosamente conducirá a su aplicación cuando la tarea requiere elaborar una explicación.

Que los alumnos puedan elegir pero no aplicar una idea (lo que suele ocurrir cuando el aprendizaje ha sido de tipo memorístico); que logren elegirla y aplicarla o que no sean capaces de resolver ninguna de estas tareas haciendo uso de las ideas de la ciencia, se convierte en un indicativo más que relevantes para describir e interpretar el modo de conocer compartido por ellos, como así también el tipo de aprendizaje que pueden haber experimentado.

En este estudio, entonces, nos proponemos como objetivo general, analizar, interpretar y caracterizar “qué y cuánto” aprenden los estudiantes en relación a los modelos que la ciencia escolar propone para explicar los procesos de visión y percepción del color, cuando se guía su aprendizaje con propuestas de enseñanza esencialmente diferentes. A continuación, detallamos los objetivos específicos de este estudio, los problemas e hipótesis de trabajo, como así también las pautas metodológicas que guían nuestro accionar.

1.1.- OBJETIVOS

Consideramos en este trabajo que un alumno transita el complejo y progresivo proceso de aprendizaje de las conceptualizaciones científicas, cuando de manera paulatina comienza a superar las restricciones conceptuales, ontológicas y epistemológicas impuestas por las ideas construidas intuitivamente y adquiere las habilidades para utilizarlo de manera más o menos autónoma a la hora de elaborar explicaciones respecto de los fenómenos analizados. En tal sentido se justificó previamente la necesidad de diseñar propuestas didácticas innovadoras que potencien un aprendizaje de las ciencias con dichas características.

Atendiendo a lo dicho, nos hemos planteado con el presente estudio los siguientes objetivos:

- Caracterizar (antes y después de la instrucción) el conocimiento de los alumnos a los que se dirige la propuesta didáctica diseñada acerca del proceso de visión y del de percepción del color. Dicha caracterización implica estudiar el modelo explicativo compartido, lo que requiere estudiar el reconocimiento de las variables (luz – objeto – sistema visual) e interacciones (absorción, reflexión difusa, transmisión, percepción) a las que los estudiantes atienden al momento de elaborar una explicación respecto de las temáticas mencionadas.

- *Evaluar (cuantitativa y cualitativamente) el aprendizaje experimentado por los alumnos respecto a la visión, naturaleza y percepción del color, como producto de la intervención didáctica y tomando como indicativo de tal proceso los cambios que pudieran manifestarse respecto al modelo explicativo que utilicen los sujetos antes y después de la instrucción. En tal sentido se evalúa si el mismo adquiere un carácter sistémico y más próximo al conocimiento científico, que implica el reconocimiento de las tres variables: luz, objeto y sistema visual, como así también de las interacciones (luz- objeto: absorción, reflexión y/o transmisión; luz reflejada – sistema visual: percepción) que entre ellos se establecen y que conducen a la visión de un objeto y percepción de un color*

- *Interpretar el conocimiento de los sujetos antes y después de la instrucción y el aprendizaje experimentado en función de los principios ontológicos, epistemológicos y conceptuales y modos de razonar asociados, que subyacen a sus maneras de conocer.*

- *Analizar y evaluar estadísticamente las diferencias entre los resultados alcanzados por el grupo experimental con el que se desarrolla la propuesta didáctica diseñada y el grupo de control, en el cual se implementa una metodología de enseñanza tradicional.*

1. 2.- PROBLEMAS DE INVESTIGACIÓN

Primer problema

Dada la importancia que tienen para el proceso de enseñanza y aprendizaje las ideas que los estudiantes poseen previo a la instrucción, resulta indispensable determinar cuál es el conocimiento que ellos presentan inicialmente respecto de los procesos de la visión y percepción del color, por lo que nos planteamos el siguiente problema de investigación.

Antes de la aplicación de la propuesta didáctica objeto de investigación, los alumnos del grupo experimental:

- *¿comparten concepciones características de un modo de conocer intuitivo, tanto respecto del fenómeno de visión como en relación al proceso de percepción del color? En tal sentido: ¿utilizan para explicar ambos procesos modelos donde están ausentes y/o incorrectamente interrelacionadas las variables que permiten interpretar los fenómenos desde un punto de vista coherente con el de la ciencia?*

- *¿utilizan un modo de conocer intuitivo independientemente de la tarea a la que se enfrenten (elegir o elaborar una explicación) y del fenómeno (visión o color) que deban explicar?*

Segundo problema

Dado que es objetivo de este trabajo dejar en evidencia los posibles cambios propiciados en los conocimientos de los estudiantes, tanto a corto plazo como una vez transcurrido un cierto tiempo desde la culminación de la intervención (esto con el objetivo de establecer conclusiones sobre el aprendizaje generado y el grado de efectividad de la metodología de enseñanza evaluada), se establece el siguiente problema de investigación:

- *Después del desarrollo de la propuesta didáctica objeto de investigación, los estudiantes:*

- *¿presentan concepciones acerca de la visión y la percepción del color coherentes con las de la ciencia escolar? En tal sentido: ¿los modelos que utilizan para interpretar tanto la visión y como la percepción del color tienen un carácter sistémico, lo que implica reconocer las múltiples variables (luz, sistema visual y objeto) y sus interacciones (entre la luz y la materia: absorción, transmisión y reflexión difusa y selectiva; entre la luz reflejada y/ o transmitida y el sistema visual: percepción)?*
- *¿son capaces de utilizar las ideas de la ciencia escolar en distintos contextos, independientemente de la tarea a la que se enfrenten (elegir o elaborar una explicación) y del fenómeno (visión o color) que deban explicar?*

- *¿Se producen cambios estadísticamente significativos en lo que respecta al reconocimiento de variables e interacciones, luego de la instrucción?.*

- *¿Existen efectos significativos de la instrucción, después de transcurrido un cierto tiempo desde la culminación del proceso de enseñanza formal?*

- *¿Existen diferencias estadísticamente significativas al finalizar la instrucción y con el transcurrir del tiempo, entre el grupo experimental y el de control respecto de los modelos utilizados por cada uno y la habilidad de aplicarlos en distintos contextos?*

- *¿Hay diferencias estadísticamente significativas entre el grupo experimental y el grupo de control respecto de los cambios observados en sus modos de conocer?*

1. 3. HIPÓTESIS DE TRABAJO

Primera hipótesis

Teniendo en cuenta los resultados arribados por el primer estudio realizado en esta Tesis (capítulo IV), los proporcionados por el trabajo de investigación exploratorio previo (Bertelle y otros 2000; Bravo, 2002; Bravo y Rocha, 2004; Bravo y Pesa; 2005; Bravo y otros, 2006; Bravo, Braunmuller y Rocha, 2006; Braunmüller, Bravo y Rocha, 2003) y la bibliografía consultada (analizada en el capítulo II), se formula la siguiente hipótesis:

Antes de la aplicación de la propuesta didáctica objeto de investigación los estudiantes:

- *comparten ideas no coherentes con la de la ciencia escolar tanto respecto del proceso de visión como en relación a la percepción del color. Al modo de conocer compartido se lo puede caracterizar por principios ontológicos, epistemológicos y conceptuales y modos de razonar característicos de un pensamiento cotidiano o intuitivo (no científico). Esta hipótesis implica asumir que los alumnos poseen concepciones pre-científicas referidas a las temáticas visión y color fuertemente arraigadas, similares a las encontradas en las investigaciones educativas realizadas con niños y adolescentes (Anderson y Kärrqvist, 1983; Bravo, Pesa y Colombo, 2001; Chauvet, F. y Kaminsky W, 2002; Collins y otros, 1998; Delval, 1991; Feher y Meyer, 1992; Fetherstonhaugh T., Treagust, D., 1992; Galili y Hazan; 2000; García y Martínez, 2005; Goulart, Diaz y de Souza Barros, 1989; Guesne 1989; Osborne y Black, 1993; Pesa, Cudmani y Bravo, 1995; Pesa y Cudmani, 1998; Selly, 1996; Salina y Sandoval, 1996; Siquira a Harres, 1993; Sniadek y Bozena, 1993; Verkerk y Bouwens, 1993; Viennot, 2002).*

- *tienen mayor posibilidad de reconocer las ideas coherentes con las de la ciencia escolar entre distintas opciones de respuestas que de aplicarlas para elaborar sus propias explicaciones.*

Segunda hipótesis

- *Después de la aplicación de la propuesta didáctica objeto de investigación los estudiantes del grupo experimental:*

- *utilizan los modelos explicativos propuestos por la ciencia escolar, tanto para explicar el proceso de visión como el de percepción del color.*
- *son capaces no sólo de reconocer la idea de la ciencia de entre distintas explicaciones, sino también de utilizarla para elaborar sus propias explicaciones*

- *Hay cambios estadísticamente significativos en el modelo utilizado por el grupo experimental respecto de la situación inicial que muestran la eficacia de la propuesta didáctica para lograr un aprendizaje significativo de las temáticas propuestas.*

- *Hay diferencias estadísticamente significativas luego de la enseñanza entre ambos grupos (a favor del grupo experimental), respecto del modelo utilizado (más coherente con el de las ciencias) para explicar ambos fenómenos perceptivos y de la habilidad de aplicarlo para elaborar explicaciones.*

- *Después de un tiempo de haber aplicado la propuesta didáctica objeto de investigación, los estudiantes del grupo experimental (a diferencias de los del grupo control) siguen tendiendo a utilizar independientemente de la tarea a la que se enfrente (elegir o elaborar un explicación) las ideas y modos de razonar sobre la visión y la percepción del color, propuestos por la ciencia escolar. Existen efectos significativos duraderos de la instrucción.*

1. 4. METODOLOGÍA

1.4.1.- PARTICIPANTES

Se trabaja con tres cursos completos de alumnos, de edades comprendidas entre los 13 y 14 años, de establecimientos educativos de la ciudad de Olavarría (Bs. As. Argentina). Los mismos pertenecen a 2° año de Educación Secundaria Obligatoria. Uno de dichos grupos, conformado por 32 alumnos, se constituye en el grupo experimental, donde el docente implementó la propuesta didáctica diseñada en esta Tesis. Los otros dos cursos conforman un único grupo llamado aquí grupo control (integrado por 35 alumnos en total), donde los docentes aplican las unidades didácticas que tradicionalmente utilizan para enseñar las temáticas: visión y percepción del color.

Como se trabaja con los cursos completos de estudiantes, la confección de los grupos estuvo a cargo de los colegios a los que pertenecen, a priori e independientemente de este trabajo. A su vez, los grupos de alumnos no fueron elegidos al azar, sino que se trabajó con docentes y establecimientos educativos que se mostraron interesados y dispuestos a participar de este trabajo.

A fin de garantizar de algún modo la homogeneidad profesional de los docentes a cargo de los grupos, se tomó como indicador que fuesen Profesores Universitarios de Física y Química, que hubiesen obtenido su título de grado en los últimos diez años, en la misma institución educativa y compartiendo un mismo programa de estudio y con ello una formación didáctica común (y coherente con las teorías de enseñanza y aprendizaje contemporáneas).

En Argentina, los docentes encargados de la enseñanza de los contenidos inherentes a las Ciencias Naturales en Educación Secundaria Obligatoria, pueden ser profesores universitarios o egresados de Institutos de Formación docente no universitaria. El primer estudio realizado en esta Tesis, alertó que los futuros docentes de estas últimas carreras de grado no presentan concepciones coherentes con las científicas, al menos en el nivel deseado, en relación al proceso de visión y percepción del color. En cambio, un estudio análogo al mencionado, pero realizado con alumnos del último año del Profesorado universitario de Física y Química, reveló resultados esencialmente diferentes a lo hallados en el otro contexto (dichos resultados no se incluyeron en el estudio anterior por el bajo número de alumnos de este nivel educativo con que se contaba para realizar el análisis: $N = 10$). Así, y tal como se muestra en el gráfico 6.1, los futuros profesores de Física y Química, tienden a explicar ambos fenómenos perceptivos (visión y percepción del color) a partir de concepciones coherentes con las científicas, basándose en modelos abstractos y modos de razonar plurivariados y sistémicos (subyacentes a la categoría IV).

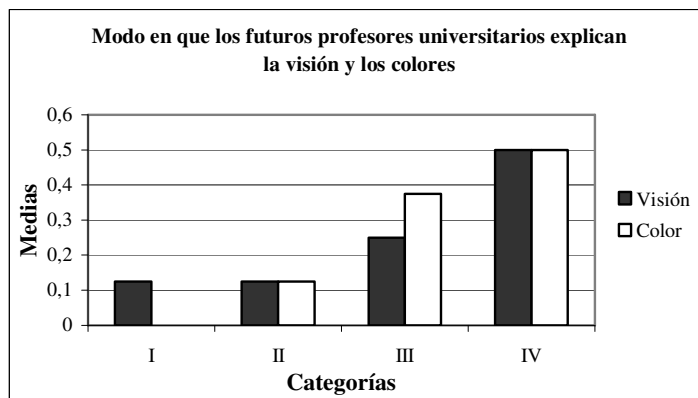


Gráfico 6.1: Probabilidad con que los futuros profesores universitarios usan las distintas categorías

Estos resultados permiten suponer una formación científica más sólida de los egresados universitarios, por lo que se decidió trabajar con profesores en Física y Química (que ya se encuentran en ejercicio), como docentes responsables de los grupos experimental y control.

De los docentes que presentaban las características descritas y deseaban participar de este trabajo, uno de ellos tenía a cargo un grupo de 32 alumnos, y los otros eran responsables de grupos de 15 y 20 estudiantes. Dado el bajo número de alumnos de los últimos grupos, se decidió trabajar con los tres profesores (y por tanto con sus tres grupos de alumnos) y conformar grupos con $N > 30$, a fin de garantizar con mayor rigor la fidelidad de las conclusiones a las que se arriba, y evitar los graves “incidentes” que podría causar en este estudio longitudinal el posible, pero no infrecuente, desmembramiento de algún grupo (debido por ejemplo a cambios de colegios por parte de los alumnos o abandono de sus estudios, hechos estos que influyen en mayor medida si los grupos son pequeños).

A fin de poder estudiar el conocimiento de estos dos pequeños grupos de alumnos (G_1 : $N=15$ y G_2 : $N=20$), antes y después de la instrucción, como si fueran **un único grupo** guiado por **un mismo docente**, analizamos su homogeneidad conceptual en los distintos momentos de análisis: antes de la instrucción, inmediatamente después de su implementación y luego de haber transcurrido un tiempo desde su culminación. Tomamos como indicativo para garantizar dicha homogeneidad *el modo de conocer compartido por los estudiantes* en distintos momentos de la instrucción y con ello el *tipo de razonamiento que activan* al enfrentarse a problemas a los que subyacen los fenómenos de percepción visual aquí analizados. Para indagar y describir el modo de

conocer de los estudiantes, utilizamos un Test de Respuestas Múltiples (ver Anexos A2, A5 y A7). En función del número de alumnos que constituye cada grupo (G1: N=20 y G2: N=15) utilizamos la prueba estadística *t para muestras independiente*, para comparar la probabilidad con que cada uno usó las distintas concepciones subyacentes a las opciones de respuestas dadas en el test, en los diversos momentos de instrucción. Las diferencias estadísticamente significativas corresponden en esta prueba para un $p < 0,05$.

Hallamos que en las tres instancias de análisis, (pretest, postest y demora) las distintas concepciones (involucradas en las cuatro categorías de respuestas) se usaron en uno y otro grupo sin diferencias estadísticamente significativas. En la tabla 6.1 se presentan los valores del estadístico p en relación al uso que ambos grupos hicieron de las mencionadas categorías de respuesta.

		p valor		
		Pretest	Postest	Demora
Categorías de Respuesta	I	0,2	0,7	0,05
	II	0,08	0,6	0,07
	III	0,8	0,2	0,9
	IV	0,2	0,5	0,06

Tabla 6.1: p valor obtenido al comparar el uso que G₁ y G₂ hicieron de a las distintas categorías de respuestas

Estos resultados, entonces, permiten concluir que los dos grupos resultan conceptualmente homogéneos (en tanto utilizan las distintas concepciones sin diferencias significativas) en los tres momentos de análisis. Es por esta razón que en este estudio consideramos a los alumnos de los dos cursos (G1: N=15 y G2: N=20), como conformando **un único grupo** llamado aquí **“grupo control”**.

Quedan entonces constituidos por *32 alumnos, el grupo experimental* (perteneciente al Colegio Monseñor César Cáneva de la ciudad de Olavarría, Bs. As. Argentina) y por *35 estudiantes el grupo control* (conformado por dos grupos de distintos establecimientos educativos de dicha ciudad). A su vez, y tal como se muestra en la siguiente sección de este capítulo, los grupos control y experimental resultaron conceptualmente homogéneos antes de la instrucción.

1.4.2. DISEÑO EXPERIMENTAL

El presente es un estudio experimental, en cual se ha optado por realizar un diseño factorial que permite analizar la influencia de variables independientes (grupo, contenido, categoría de respuesta, momento de la instrucción, tipo de tarea) sobre la probabilidad con que se usan las distintas concepciones subyacentes a las categorías previamente definidas (variable dependiente) para explicar los fenómenos de percepción visual.

A dicho diseño se lo puede caracterizar como uno intergrupo, de dos grupos (no aleatorios) pretest- intervención – posttest – posttest demora, con grupo cuasi control. El mismo se esquematiza en la tabla 6.2 donde las Y_{a1} y Y_{a2} representan el conjunto de registros correspondiente a la etapa pretest, X la intervención didáctica especialmente diseñada en este trabajo, C la intervención que el docente del grupo control realiza tradicionalmente sobre la misma temática que para el grupo experimental, Y_{p1} - Y_{p2} el conjunto de registros correspondiente a la etapa posttest e Y_{d1} - Y_{d2} el correspondiente al test demora.

Grupo	Pre- test	Tratamiento Experimental	Posttest	Test -demora
1	Y_{a1}	X	Y_{p1}	Y_{d1}
2	Y_{a2}	C	Y_{p2}	Y_{a2}
2	Y_{a2}	C	Y_{p2}	Y_{a2}

Tabla 6.2: Diseño experimental implementado.

1.4.3. VARIABLES

Se definen como variables independientes de este estudio: la propuesta didáctica (a la que subyacen distintas metodologías de enseñanza) identificada con la **variable grupo** (experimental: propuesta didáctica innovadora; control: propuesta del enseñanza tradicional), **el contenido** (proceso de visión y percepción del color), **las categorías de respuestas** (Categoría I: ideas netamente intuitivas; Categorías II: ideas intuitivas basadas en causalidades lineales simples; Categoría III: ideas escolarizadas correctas e incompletas en el contexto de las ciencias; Categoría IV: ideas de la ciencia escolar) **el momento de la instrucción** (antes de la instrucción: pretest; inmediatamente después: posttest; pasado un período de tiempo: posttest demora) y **el tipo de tarea** (elegir o elaborar una explicación)

Se establece como variable dependiente: *la probabilidad con que se usan las distintas concepciones subyacentes a la cada categoría de respuesta previamente definidas* (ver tabla 2.3 Capítulo II) tanto en la tarea de reconocimiento como en la de elaboración de una explicación.

1.4.4.- INSTRUMENTOS Y PROCEDIMIENTOS

Se utilizaron dos tipos de instrumentos para recoger los datos que permiten caracterizar el conocimiento de los sujetos antes y después de la instrucción. Estos son: *Test de respuestas múltiples y cuestionarios de problemas*. El primero permite caracterizar las concepciones que los estudiantes tienden a utilizar cuando la tarea implica elegir una explicación; el segundo permite evaluar la capacidad de los estudiantes para elaborar una explicación y con ello analizar el tipo de concepción que involucran al enfrentarse a esta tarea.

En las instancias pre, post y demora, no se utilizaron los mismos instrumentos pero sí se atendió a que todos presentasen similares problemáticas y complejidad de las tareas a resolver.

4.4.1 Test de respuestas múltiples

El Test de Respuestas Múltiples utilizado tiene las mismas características que el descrito en el estudio anterior (capítulo IV). La diferencia con aquél es que este test está conformado por **16 ítems** en total: ocho relativo a color y ocho al proceso de visión. Se agregaron aquí mayor número de problemáticas en primer lugar porque en este estudio, y a diferencia del anterior, es menor el número de alumnos con los que se trabaja, ya que son grupos conformados como máximo por 35 estudiantes. El trabajar con mayor número de problemáticas reduciría el efecto que podrían producir sobre las conclusiones, variables aleatorias como por ejemplo el no compromiso con la resolución de la actividad y la elección azarosa de las repuestas. Aumentar el número de alumnos (que fue lo que se tendió a hacer en el estudio anterior) o aumentar en número de ítems cuando la tarea lo permita (que fue lo que se realiza en este estudio), permitiría reducir los efectos de variables como las mencionadas. A su vez, al agregar problemáticas, se salvaría la posible dificultad de no poder describir minuciosamente las ideas de los estudiantes porque éstos, por ejemplo, usasen ideas antagónicas con igual frecuencia y/o no respondiesen a determinados ítems. Finalmente, aumentar la longitud del test es

posible en este caso, porque el tiempo implicado en la resolución del mismo, no resulta un inconveniente (como sí resultaba en el estudio anterior), dada la posibilidad de pasar los instrumentos en distintos días y con ello otorgarles a los estudiantes el tiempo necesario para resolverlos.

Como se explicó en el capítulo III, en un estudio preliminar se validó un Test de Respuestas Múltiples (que el estudio que implicó la caracterización de concepciones de alumnos de distintos niveles educativos). A partir de las conclusiones allí arribadas, respecto de las características de los ítems que resultaron más apropiados para alcanzar el objetivo mencionado, se elaboraron los tests de respuestas múltiples de las instancias pre test, post test y post test demora que se usan en el presente estudio.

En todos los casos, las problemáticas involucradas comprometen situaciones cotidianas y conocidas para los alumnos y cada una presenta cuatro opciones de respuestas a las que subyacen concepciones previamente categorizadas (las mismas que ya hemos descrito arduamente en el capítulo III). La consigna propuesta a los estudiantes fue “elegir aquella opción que consideren la MAS ADECUADA para dar como EXPLICACIÓN a cada problema planteado”.

Las distintas situaciones se les presentaron intercaladas, sin orden determinado respecto del fenómeno que involucraban y de igual modo se distribuyeron en los distintos ítems los cuatro tipos de respuestas. Alguna de las problemáticas planteadas implican responder directamente: ¿cómo y por qué vemos como vemos? y ¿por qué vemos de terminado color un objeto? El resto de las problemáticas presentan a estos fenómenos contextualizados en distintas situaciones cotidianas. Las mismas tienen como objetivo no sólo conocer si los estudiantes pueden elegir sus ideas ante preguntas que requieren de su declaración, sino también estudiar si son capaces de elegir el mismo conocimiento en distintos contextos y para explicar o hacer predicciones de diversas situaciones. En los anexos A2, A5 y A7 se adjuntan todos los test utilizados.

4.4.2 Cuestionario de problemas

El segundo instrumento que se utilizó para obtener datos que permitieran caracterizar el conocimiento de los alumnos antes y después de la instrucción, es un cuestionario de problemas. El mismo implica la elaboración de explicaciones por parte de los sujetos, puesto que uno de los objetivos de esta etapa es conocer las ideas que utilizan los alumnos de ambos grupos, a la hora de ELABORAR explicaciones en

distintos contextos (y evaluar si existen diferencias con las usadas al momento de ELEGIR una explicación).

En esta tarea se solicita a los estudiantes que “elaboren las explicaciones más completas posibles, haciendo uso de sus ideas respecto a la visión y percepción del color”.

Al igual que en el caso anterior, las problemáticas planteadas presentan situaciones conocidas y fácilmente interpretables por los alumnos. Los mismos se elaboraron atendiendo a los resultados obtenidos en el trabajo de investigación exploratoria (descrita en el capítulo II), que permitió conocer cuál resultaba la manera más adecuada de redactar la consigna y el problema, qué tipo de fenómenos resultaba conveniente incluir, qué extensión máxima podían tener las problemáticas..., a fin de intentar siempre obtener por parte de los estudiantes una explicación lo más completa posible (que permita inferir las concepciones subyacentes con la mayor confianza, rigurosidad y fundamento posible). A su vez, los mencionados resultados de investigaciones previas dejan en evidencia la complejidad que implica para los alumnos enfrentarse a tareas que requiere que sean ellos quienes *elaboren en forma escrita* sus respuestas (véase por ejemplo Bravo, Braunnüller y Rocha, 2006). En tal sentido un alto número de consignas puede ocasionar en este caso (y de manera más acentuada que cuando la tarea implica elegir una respuesta) que el cansancio y la rápida desconcentración que suele caracterizar a los jóvenes, los desmotiven y los lleven a no contestar algunas de las cuestiones planteadas y/o a elaborar explicaciones extremadamente sintéticas que, como decíamos, dificulta la inferencia fundamentada de sus concepciones. Es por este último motivo que los cuestionarios utilizados en cada etapa, contaron con **ocho** problemas en total, de los cuales cuatro son relativos al proceso de visión y cuatro al de percepción del color. En semejanza con el primer instrumento descrito, se incluyeron problemas en los que se les cuestiona a los alumnos directamente acerca de por qué vemos como vemos y por qué percibimos objetos de distintos colores, y sumadas ellas, se incorporan situaciones problemáticas en las que los estudiantes deben utilizar sus ideas respecto a estos fenómenos en distintos contextos. Se les presenta así a los alumnos instancias en las que tienen que explicitar la importancia y rol de las distintos elementos que intervienen en los procesos de percepción visual (luz, objeto, sistema visual), como así también justificar y/o predecir qué ocurriría si alguna de ellas cambiara, en relación con

las condiciones normal de observación (por ejemplo se cambia el pigmento de un objeto o se modifica la luz incidente, dejando se ser la blanca que habitualmente se utiliza)

En los anexos A4, A6 y A8 se presentan los cuestionarios utilizados en las distintas instancias de recolección de datos (pretest, postest y postest demora)

1.4.5.- ANALISIS DE DATOS

Se describen a continuación los procedimientos relativos a la obtención de los datos a partir de las tareas resueltas por los estudiantes, como así también la manera en que se categorizaron los modelos por ellos utilizados. Finalmente se detallan los estudios estadísticos realizados sobre los datos obtenidos por cada instrumento, en los distintos momentos de recolección de datos (antes y después de la instrucción) y grupo de alumnos.

1.4.5.1 Test de respuestas Múltiples

Con el objetivo de revelar, interpretar y caracterizar las ideas que los estudiantes utilizan con mayor probabilidad en las distintas instancias de recolección de datos, al enfrentarse a la tarea que implica ELEGIR una explicación, se realiza un vaciamiento de las respuestas dadas por cada alumno a cada uno de los ítems planteados en el test (en planilla de cálculo Excel), para luego calcular la probabilidad media con que el grupo usa las distintas categorías de respuestas. Dicho análisis se realiza para cada uno de los contenidos abordados aquí (visión y percepción del color) y en los distintos momento de la instrucción (pre, post y demora).

1.4.5.2 Cuestionario de Problemas

Para poder evaluar las ideas que los estudiantes tienden a utilizar al momento de ELABORAR una explicación, se llevó a cabo un análisis minucioso de las respuestas que cada uno dio a las actividades propuestas en el cuestionario de problemas. Esto implicó detectar qué variables (luz, sistema visual, objetos) e interacciones (iluminación, reflexión, absorción y/o transmisión y estimulación del sistema visual: percepción) se involucraron **explícitamente** en cada una de las explicaciones elaboradas por cada alumno. Este análisis se realiza con el objetivo de categorizar las respuestas que dieron los estudiantes, para luego calcular la probabilidad media con que usan las concepciones subyacentes a las distintas categorías de respuestas previamente establecidas, y finalmente hallar la probabilidad del grupo al uso de los distintos modelos explicativos.

Para incluir las respuestas de los alumnos en una de las categorías preestablecidas inicialmente (o en alguna nueva que pudiese definirse a partir de las explicaciones que los estudiantes elaboran), se estudia como se dijo, cuáles son los elementos a los que atienden explícitamente para explicar el proceso perceptivo como así también la función que le otorgan a cada uno de ellos y las interacciones o procesos que entre los mismos reconocen. Así por ejemplo en lo que respecta al fenómeno de visión, las respuestas del tipo: “veo porque tengo ojos”; “el sistema visual permite ver”; “en la oscuridad mi ojo no ve”; “no veo si no miro”; “el sistema visual del observador es de 180° por eso no veo lo que hay detrás de mí”, fueron incluidas en la categoría I. Esto dado que el tipo de respuesta citado comparte la concepción, principios conceptuales, ontológicos y epistemológicos, como así también modos de razonamiento subyacentes, con los que inicialmente se caracterizó a la concepción involucrada en dicha categoría.

En la categoría II, agrupamos las explicaciones basadas en razonamientos de causalidades lineales simples, donde se le atribuye a la luz un papel primordial y explícito en el proceso de ver. Así se incluyeron en esta categoría explicaciones como: “para ver debe haber luz porque mi ojo no ve tan claramente si ella no esta”; “vemos detrás de cuerpos transparentes porque éstos transmiten la luz y entonces el objeto permanece iluminado”, “veo porque la luz ilumina el objeto”. Es importante comentar aquí que los alumnos tienden a utilizar el término “reflejar” como sinónimo de “iluminar” y una vez detectado esto, se asume que cuando dicen “la luz refleja el objeto y lo podemos ver” están refiriéndose al proceso de *iluminación*, en tanto cuando explican que “los objetos reflejan luz” o “la luz rebota en los cuerpos”, están haciendo alusión al fenómeno de la *reflexión*, tal como la ciencia lo concibe.

Respecto de esta categoría II, suele aparecer un modelo alternativo al incluido en ella originalmente. Así los alumnos intentando aplicar o utilizar ideas presumiblemente desarrolladas en clase, propuestas en los libros de textos y/o utilizadas previamente para resolver algunas cuestiones problemáticas, elaboran explicaciones alternativas, incompletas e incorrectas respecto de lo propuesto por la ciencia. En tal sentido, por ejemplo, asumen que vemos porque “la luz ingresa al ojo, pasando por los distintos elementos que lo constituyen, para llegar finalmente a la retina y formarse la imagen” o explican que “la luz incide en el ojo y allí se refleja y va hacia los objetos permitiéndonos verlos”. Estas respuestas, que intentan atender a la interacción luz-sistema visual en el proceso de ver un objeto, las hemos considerados incorrectas en el

contexto de la ciencia escolar, en tanto se concibe que es la luz emitida por la fuente la que debe incidir en el ojo, ignorando entonces el papel del objeto y las múltiples interacciones que se dan entre él y la luz incidente. Así, decimos incluir estas explicaciones dentro de la categoría II porque al igual que la idea inicialmente involucrada allí, se otorga a la luz un papel primordial en el proceso de ver, aunque la función que se le atribuye sea diferente (“llegar al ojo” en el alternativo e “iluminar” en el que originalmente se incluyó en dicha categoría). A su vez, a ambas concepciones subyacen los mismos principios conceptuales y ontológicos como así también formas de razonar, que implica atribuir una causalidad lineal simple y activar un razonamiento mono-variado donde la variable reconocida explícitamente es la luz, en tanto el sistema visual (y el objeto) desempeñan un papel más pasivo (el sistema visual ve y el objeto es importante porque de no estar no habría nada que ver).

Finalmente, respuestas del tipo: “para ver, el objeto deber reflejar la luz y el ojo mirarlo”, fueron incluidas en la categoría III puesto que en la IV se incluyen solo aquellas respuestas que además de la interacción luz – objeto, reconozcan explícitamente la interacción luz reflejada – ojo o sistema visual (concibiéndose explícitamente que la luz reflejada por los objetos debe llegar al ojo para que el observador vea). Así se incluyen en la categoría IV ideas del tipo “sin luz los objetos no pueden reflejar y no ingresará luz proveniente de ellos a los ojos por lo que no podremos ver”; “si me tapo los ojos no veo porque la luz reflejada por los objetos no pueden incidir en ellos ya que interpuse un cuerpo que no transmite la luz”; “veo porque la luz reflejada por los objetos llega a mis ojos y estimula el sistema visual”.

Respecto del fenómeno de percepción del color, se analizaron las respuestas dadas a las problemáticas planteadas atendiendo también a dejar en evidencia el tipo de interacciones a las que se atienden y las variables que **explícitamente** se incorporan en la explicación.

Así, las respuestas del tipo “la manzana se ve roja porque naturalmente es de ese color” o “con anteojos amarillos veo todo amarillo porque ese es el color de los mismos”, las incluimos en la categoría I. También consideramos de esta categoría la respuesta “la vemos roja porque la luz llega a la manzana y de allí a nuestros ojos”. Esto porque no se menciona explícitamente que el color se debe a las características de la luz reflejada y su interacción con el sistema visual, sino que con esta respuesta básicamente se explica cómo vemos un objeto, y se asumiría entonces que el color es una propiedad

del mismo, algo que está en él y podemos explicar su visión bajo el mismo modelo con el que se explica que vemos cualquier característica del cuerpo; esto es, sin necesidad de ampliarlo para explicar puntualmente la percepción de un color.

Por otra parte, respuestas del tipo; “vemos la remera blanca, azul, porque la luz que la ilumina es azul” fueron incluidas en la categoría II a la que subyace una idea que implica asumir que el color depende de las características de la luz incidente, sin atender a la interacción que se lleva a cabo entre la luz y la materia y entre la luz reflejada y el sistema visual.

Cuando las respuestas fueron del tipo “vemos roja porque el objeto refleja el rojo (de la luz incidente)” se las incluyeron en la categoría III que implica asumir que el color se debe a las características espectrales de la luz reflejada. Se asume aquí que se concibe que la interacción más relevante que se da en el proceso de percepción del color, es justamente la interacción luz - materia. Es por esta razón que también se agruparon en esta categoría las respuestas del tipo “vemos roja una manzana porque *absorbe* la luz roja”. Reconocemos que esta respuesta es incorrecta además de incompleta en el contexto de la ciencia, pero es del tipo “escolarizada” a la que subyace un razonamiento multivariado que atiende a las interacciones que se dan entre la luz y la materia y por ello las incluimos en la categoría III. No obstante, y adelantándonos a los resultados obtenidos, en ninguno de los grupos se observó que fuese marcada la tendencia a usar este modelo alternativo (por lo que incluirlo en la categoría III no influye en las conclusiones a las que finalmente arribamos). En tal sentido, solo el 5% de los alumnos del grupo control lo usa con consistencia en la etapa pretest y ninguno lo usa consistentemente ni en la instancia posttest y ni en la demora. Respecto del grupo experimental nunca usa este modelo consistentemente (vale aclarar que cuando decimos consistentemente nos referimos a que hagan uso de esta concepción al menos en el 60% de los problemas planteados). Esta es otra razón por la que no definimos una nueva categoría que contemple a este modelo alternativo, sino que decidimos incluirlo en la categoría III (definida previamente) a la que subyace, insistimos, una concepción que atiende principalmente a la interacción entre la luz y el objeto para explicar el color.

Finalmente, las respuestas del tipo: “vemos una manzana roja porque ésta refleja principalmente el rojo de la luz blanca, la cual interacciona luego con el ojo – sistema visual, haciendo que la veamos de ese color” fueron agrupadas en la categoría IV, a la que subyace la idea de la ciencia escolar.

1.4.5.3 Análisis estadístico de los datos

A fin de caracterizar las ideas de cada grupo de alumnos se realizó un tratamiento de datos análogo al efectuado en el estudio anterior (y siguiendo lo propuesto por Gómez Crespo, 2005; Gómez Crespo, Pozo y Sanz, 1995; Gómez Crespo y Pozo, 2004; Pozo y Gómez Crespo, 2005; Pozo, Gómez Crespo y Sanz, 2006). Para ello se otorgó una puntuación media a cada sujeto respecto de la probabilidad de uso de las distintas concepciones subyacentes a las categorías de respuesta, y se transforman estos datos según la función arcosen Raíz (p) (que permite un mejor y mas riguroso tratamiento estadístico de los datos cuando estos son de naturaleza categorial). En función de los datos obtenidos en cada grupo, tarea, contenido y momento de la instrucción se realizó un análisis ANOVA sobre un diseño factorial $2 \times 2 \times 3 \times 2 \times 4$ (dos tareas, dos grupos, tres momentos, dos contenidos y cuatro categoría de respuestas). A partir de él se estudia la influencia que las distintas variables independientes tienen sobre la probabilidad con que son usadas las diversas concepciones (subyacentes a las cuatro categorías previamente definidas). Se analizan para ello las siguientes interacciones múltiples:

- *grupo x momento x categorías*, en ambas tareas y para ambos contenidos. Esto con el objetivo de obtener datos concretos que permitan concluir sobre la manera en que influye los distintos procesos de enseñanza sobre el modo de conocer que los estudiantes utilizan para explicar ambos fenómenos. En tal sentido estudiamos si los mismos propician el aumento significativo de la probabilidad con que se usan las concepciones coherentes con las de la ciencia (y en relación con ello favorece la disminución del uso de ideas intuitivas). Analizamos también la interacción *grupo x categoría* en cada momento y para cada fenómeno, a fin de indagar si los grupos, debido a la influencia de la instrucción, terminan compartiendo un modo de conocer análogo (y si no en qué consisten las diferencias).
- la interacción *contenido x categoría*, en los dos grupos y tareas y para cada momento de análisis, con el objetivo de estudiar posibles diferencias que puedan hallarse en la manera en que los grupos de estudiantes explican uno y otro proceso perceptivo.
- la interacción *tarea x categorías*, en los dos grupos, en cada momento y para cada contenido, con el fin de analizar cómo influye el tipo de tarea a la que los alumnos se

enfrenten sobre el modo de conocer que utilizan con mayor probabilidad, antes y después de la instrucción.

- la influencia de la variable *categoría*, en cada grupo, momento, contenido y tarea, a fin de detectar cuál/les concepción/nes son utilizadas por los estudiantes con mayor probabilidad.

En todos los casos, se complementa el ANOVA realizado con el test post hoc (Test comparativo de Duncan) que permite conocer en qué consisten las diferencias enunciadas por el análisis de varianza respecto de cada interacción analizada.

2. SEGUNDA SECCIÓN. Resultados

Dada la multiplicidad de variables a las que se atiende en este estudio y con el fin de organizar los datos obtenidos, nos planteando una serie de interrogantes que actuaron de guía en dicha organización. La primera pregunta que nos formulamos fue: *¿existen diferencias significativas en la manera en que los grupos explican los distintos fenómenos en los diversos momentos de análisis y al enfrentarse a las distintas tareas?* El ANOVA realizado sobre el diseño factorial $2 \times 2 \times 3 \times 2 \times 4$ (dos tareas, dos grupos, tres momentos, dos contenidos y cuatro categoría de respuestas), revela efectivamente que la interacción *grupo x tarea x momento x contenido x categoría* resulta estadísticamente significativa ($F(3083;6)=6,94$; $p<0,0001$). Esto implica que se hallan diferencias significativas en la manera en que los grupos utilizan las distintas concepciones en las distintas tareas, contenidos y momentos. Por lo que ambas metodologías de enseñanza (como así también el paso del tiempo) producirían efectos significativos en el modo de conocer de los alumnos de ambos grupos.

Dada la complejidad que implica analizar en forma conjunta los resultados aportados por el ANOVA mencionado y el test post hoc al respecto (debido al número de variables a las que se atiende aquí), y con el fin de organizar claramente la información obtenida, decidimos ir analizando parcialmente los resultados arribados. La primera decisión que tomamos, y dado que la tarea influye significativamente sobre el tipo de conocimiento que utilizan los grupos de alumnos, fue estudiar de forma diferenciada los resultados obtenidos a partir de las respuestas que los estudiantes dieron ante la tarea de *elegir* una explicación y luego ante la que requiere que sean ellos quienes la *elaboren*.

Entonces nos preguntamos: ¿existen diferencias significativas entre los grupos de estudiantes en el tipo de explicación que *eligen/elaboran* respecto de los fenómenos perceptivos, a lo largo del tiempo? El ANOVA vuelve a dar una respuesta positiva a este interrogante, ya que la interacción *grupo x momento x contenido x categoría* resulta estadísticamente significativa tanto para la tarea que implica elegir una explicación ($F(1536;6)=6,84$; $p<0,0001$) como para la que requiere que la misma se elabore ($F(1547;6)=4,13$; $p=0,0004$).

Decidimos entonces realizar, a partir de los datos obtenidos con cada instrumento, dos análisis más específicos que implican atender a:

- *cómo influye la instrucción sobre el modo de conocer de los estudiantes.* Nos preguntamos entonces: ¿Qué tipos de cambios propicia cada metodología de enseñanza en la probabilidad con que se usan las distintas concepciones?... ¿favorecen el aumento de la tendencia del uso de ideas de la ciencia y la disminución del uso de ideas intuitivas?... ¿qué tipo de concepciones utilizan con mayor probabilidad cada grupo en los distintos momentos de análisis?... ¿existen diferencias entre los grupos respecto de la manera en que culminan explicando los procesos de percepción visual? Para responder a este interrogante estudiamos la interacción múltiple *grupo x momento x categoría* para cada fenómeno en particular. Los resultados de test post hoc permiten analizar los cambios significativos propiciados por cada instrucción, como así también el modo de conocer que terminan compartiendo cada grupo de alumnos (al indicar qué concepciones son utilizadas con mayor probabilidad) y las diferencias que puedan hallarse entre ellos al respecto.
- *cómo influye el contenido en el tipo de concepción que utilizan los grupos de estudiantes a lo largo del tiempo.* Nos cuestionamos entonces acerca de ¿en qué se diferencia el modo de conocer que los grupos de alumnos utilizan al explicar uno y otro fenómeno? Para dar respuesta a este interrogante, estudiamos en cada grupo, para cada tarea e instancia de análisis (pre, post y demora) la significatividad de la interacción *contenido x categoría*. Los resultados del test post hoc, permiten determinar las diferencias significativas que puedan hallarse en la probabilidad con que se utilizan las distintas concepciones al explicar el proceso de visión y el de percepción del color.

Dado que la tarea influye también significativamente en el modo en que los grupos de estudiantes explican los fenómenos perceptivos en los distintos momentos de análisis, nos cuestionamos acerca de en qué aspectos se diferencia el modo de conocer

que utilizan con mayor probabilidad al momento de elegir o a la hora de elaborar una explicación y si las propuestas de enseñanza potenciaron el desarrollo de aplicar las ideas construidas en múltiples contextos y en distintas situaciones. Para dar respuesta a estos interrogantes, estudiamos la interacción *grupo x tarea x categoría* en cada instancia y para cada contenido. Los resultados del test post hoc nuevamente permiten detectar qué concepciones son utilizadas por los grupos con probabilidades significativamente diferentes, en una y otra tarea en las distintas instancias de análisis.

En la primera sección de este apartado (II.1) presentamos el análisis realizado sobre las concepciones usadas por los grupos de estudiantes al momento de *elegir* una explicación. En relación a ello intentamos dar respuestas a la siguiente problemática *¿Cómo influye la instrucción y el paso del tiempo sobre el modo de conocer de los estudiantes?* Los resultados hallados que permiten concluir al respecto se presenta en los apartados II.1.1, donde se realiza un *estudio de la influencia de la instrucción sobre el modo en que los estudiantes conciben el proceso de visión*; en el II.1.2 donde se estudia *la influencia de la instrucción sobre el modo en que los estudiantes conciben el proceso de percepción del color* y en el punto II.1.3 donde se analizan *la influencia del tipo de fenómeno que se debe explicar sobre el modo de conocer que se usa con mayor probabilidad*. Finalmente, en el punto II.1.4 realizamos la *discusión de los resultados* obtenidos respecto al tipo de ideas que usan los estudiantes cuando se enfrentan a la tarea de elegir una explicación en relación a los fenómenos de visión y percepción del color.

En la segunda sección (II.2.) volvemos a plantearlos los mismos interrogantes, y a realizar estudios análogos pero analizando las concepciones que los alumnos utilizaron con mayor probabilidad cuando se enfrentaron a la consigna de *elaborar* una explicación. Los datos obtenidos se presentan en los puntos II.2.1; II.2.2 y II.2.3 y la discusión de los resultados hallados se presenta en el punto II.2.4

En la tercera sección (III), analizamos cómo influye la tarea sobre el modo en que los estudiantes explican los fenómenos perceptivos, intentando dar respuesta al interrogante: *¿en qué se diferencia el modo de conocer que utilizan los alumnos ante tareas que implican elegir y ante otras que requieren elaborar una explicación?*

2.1 ¿CÓMO INFLUYE LA INSTRUCCIÓN Y EL PASO DEL TIEMPO SOBRE EL MODO DE CONOCER QUE LOS ESTUDIANTES UTILIZAN AL MOMENTO DE ELEGIR UNA EXPLICACIÓN? *Un análisis global del aprendizaje propiciado por los distintos procesos de enseñanza.*

2.1.1 Estudio de la influencia de la instrucción sobre el modo en que los alumnos conciben el proceso de visión.

En el gráfico 6.2 se presenta la probabilidad con que los alumnos del grupo experimental y control usan las distintas concepciones, antes de la instrucción.

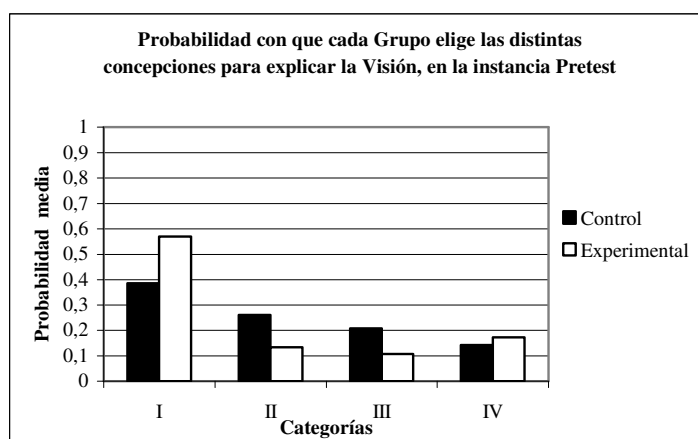


Gráfico 6.2. Probabilidad con que el Grupo Experimental y el Control usan las distintas concepciones para explicar la visión, en la instancia pretest y a lo largo del Test de Respuestas Múltiples

El análisis estadístico de los datos indica que la interacción *grupo x categoría* resulta estadísticamente significativa ($F(268,3) = 13,05; p < 0,0001$), lo que implica que los grupos utilizan de manera diferente las diversas concepciones. En la tabla 6.3 se presentan los resultados del test post hoc indicando con ** las categorías que fueron utilizadas por los grupos con probabilidades estadísticamente diferentes ($p < 0,01$)

GRUPO EXPERIMENTAL VS CONTROL (Instancia: Pre-test - Contenido: Visión -Tarea: Elegir una explicación)		Grupo Experimental Probabilidad con que se eligen las concepciones			
		I (0,57)	II (0,13)	III (0,11)	IV (0,17)
Grupo Control Probabilidad con que se eligen las distintas concepciones	I (0,39)	**			
	II (0,26)		**		
	III (0,21)			**	
	IV (0,14)				

Tabla 6.3: Resultados del test de Duncan para la interacción grupo x categoría (instancia pretest y visión).

Los resultados del test post-hoc revelan entonces, que los grupos sólo utilizan con igual probabilidad las ideas de la ciencia escolar (categoría IV). Luego, el grupo control usa con una probabilidad estadísticamente menor ($p < 0,01$) la concepción subyacente a la categoría I (que involucra ideas netamente intuitivas) y con una probabilidad estadísticamente mayor ($p < 0,01$) las asociadas a las categorías II (a la que subyacen ideas cotidianas basadas en causalidades lineales simples) y III (que contempla una idea que en el contexto de la ciencia escolar resulta incompleta, pero no incorrecta).

Es decir, el punto de partida de los alumnos del grupo control parece ser más favorable que el del experimental, en tanto estarían utilizando en mayor medida que éste ideas más complejas y en menor medida las netamente intuitivas.

Al hacer un análisis intragrupo, respecto de la influencia de la variable *categoría* sobre la manera en que los alumnos explican el proceso de visión, se halla que en ambos casos resulta significativa ($F(116,3) = 42,29$; $p < 0,0001$ para el grupo experimental y $F(152,3) = 18,58$; $p < 0,0001$ para el grupo control). El test post hoc revela que los dos grupos utilizan con una probabilidad significativamente mayor que el resto de las concepciones ($p < 0,01$), las subyacentes a la categoría I. Es decir, ambos grupos de estudiantes, y pese a las diferencias halladas entre ellos, utilizan en mayor medida las ideas netamente intuitivas que implican asumir básicamente que “vemos porque tenemos ojos y miramos”.

En base a estos resultados consideramos a los grupos conceptualmente homogéneos. Esto significa, que comparten un *mismo modo de conocer*, que implica explicar el proceso de visión en términos de un razonamiento monovariado, reduccionista y no sistémico, al cual hemos caracterizado con principios ontológicos, epistemológicos y conceptuales de estado, hecho o dado y realismos ingenuo (características éstas de un saber intuitivo).

La instrucción formal debería justamente propiciar un cambio de este modo de conocer inicialmente compartido por los estudiantes, hacia otro cada vez más cercano al de la ciencia escolar. En tal sentido, debería favorecer el hecho de que las concepciones intuitivas se utilicen cada vez con menor probabilidad y que aumente la tendencia al uso de los modelos de la ciencia.

Estudiar los tipos de cambios que al respecto promueve cada propuesta de enseñanza y el tipo de conocimiento que terminan compartiendo los grupos de alumnos,

permitirá concluir acerca de la potencialidad de las mismas para propiciar el aprendizaje del saber de la ciencia escolar.

Con el fin de comenzar a realizar este análisis, se presenta en los gráfico 6.3 y 6.4, cómo fue cambiando la probabilidad con que los alumnos del grupo experimental y control, respectivamente, utilizaron las distintas concepciones (subyacentes a las cuatro categoría de respuestas previamente definidas) a lo largo del tiempo, y con ello: antes de la instrucción (pre), inmediatamente después de la misma (post) y luego de haber transcurrido tres meses desde su culminación (demora), para explicar el proceso de **visión**.

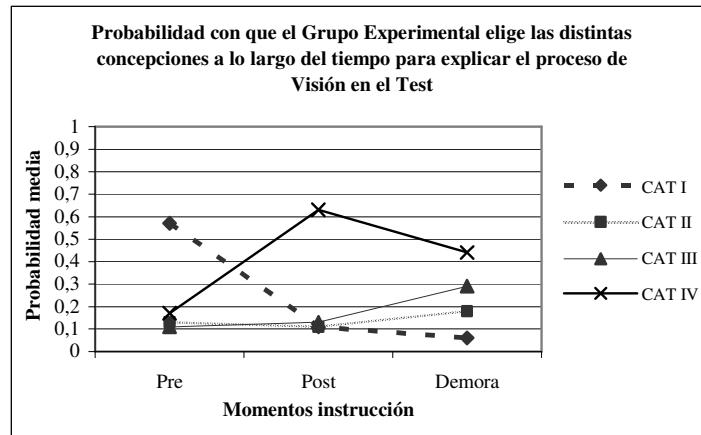


Gráfico 6.3. Cambio observado en el Grupo Experimental, respecto de la probabilidad con que se usan las distintas concepciones a lo largo del tiempo, para explicar el proceso de visión

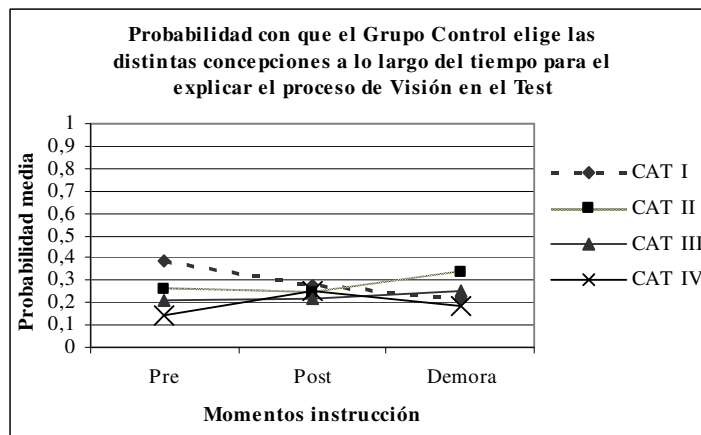


Gráfico 6.4. Cambio observado en el Grupo Control, respecto de la probabilidad con que se usan las distintas concepciones a lo largo del tiempo para explicar el proceso de visión

El análisis de estos datos indica que la interacción *grupo x momento x categoría* resulta estadísticamente significativa para este contenido ($F(768;6)=14,77$; $p<0,0001$). Esto significa que existen diferencias en la manera en que los grupos utilizan las distintas concepciones en los diversos momentos de análisis. A su vez la interacción *momento x categoría* también resulta significativa en cada grupo ($F(364;6)=45,12$; $p<0,0001$, para el experimental y $F(346;6)=6,88$; $p<0,0001$ para el control) lo que implica que tanto la propuesta de enseñanza innovadora como la tradicional (y el paso del tiempo) han propiciado cambios significativos en la probabilidad con que los estudiantes utilizan las distintas concepciones al explicar el fenómeno de la visión.

En las tablas 6.4 y 6.5 presentamos los resultados del test post hoc en relación a la manera en que cambia en el grupo experimental y control respectivamente, la probabilidad con que se usan las distintas concepciones. Siguiendo la simbología empleada con antelación, indicamos con * y **, las que fueron utilizadas con probabilidades estadísticamente diferentes (para un $p<0,05$ y un $p<0,01$, respectivamente) entre las instancia pre y post intervención, y entre las postest y demora. A su vez, y con el objetivo de clarificar la lectura y reconocimiento de los datos, hemos indicado para cada instancia de análisis, el valor de probabilidad media con que fueron utilizadas las distintas concepciones (subyacentes a las cuatro categorías de respuestas que se indica en número romanos).

USOS DE DISTINTAS CONCEPCIONES ANTES Y DESPUÉS DE LA INSTRUCCIÓN											
(Grupo Experimental. Contenido Visión. Tarea: elegir una explicación)											
PRE vs. POST		Pretest				POST vs. DEMORA		Postest			
		I (0,57)	II (0,13)	III (0,11)	IV (0,17)			I (0,11)	II (0,13)	III (0,13)	IV (0,63)
Postest	I(0,11)	**				Demora	I(0,06)				
	II(0,13)						II(0,18)				
	III(0,13)						III(0,30)		**		
	IV(0,63)				**		IV(0,46)			**	

Tabla 6.4 Resultados del test de Duncan para la interacción momento x categoría en el Grupo Experimental

USOS DE DISTINTAS CONCEPCIONES ANTES Y DESPUÉS DE LA INSTRUCCIÓN											
(Grupo Control. Contenido Visión. Tarea: elegir una explicación)											
PRE vs. POST		Pretest				POST vs. DEMORA		Posttest			
		I (0,39)	II (0,26)	III (0,21)	IV (0,14)			I (0,28)	II (0,24)	III (0,22)	IV (0,25)
Posttest	I (0,28)	*				Demora	I(0,22)				
	II (0,24)						II(0,34)		**		
	III(0,22)						III(0,25)				
	IV(0,25)				**		IV(0,18)				

Tabla 6.5 Resultados del test de Duncan para la interacción momento x categoría en el Grupo Control

Al analizar los datos propuestos en cada tabla, se puede observar que ambas propuestas de enseñanza propician los mismos tipos cambios entre las instancia pre y posttest. Esto es, favorecen una disminución significativa de la probabilidad con que los estudiantes eligen las ideas netamente intuitivas, subyacentes a la categoría I ($p < 0,05$ para el grupo control y $p < 0,01$ para el experimental). A su vez, favorecen un aumento también estadísticamente significativo ($p < 0,01$), de la probabilidad con que los estudiantes eligen la explicación de la ciencia escolar. En tanto, la probabilidad con que se usan el resto de las concepciones (subyacentes a las categorías II y III), permanece invariable entre estas instancias de análisis.

Pero como ya se puede apreciar en los gráficos 6.3 y 6.4, que los procesos de enseñanza promuevan los mismos tipos de cambios, no conlleva a que los estudiantes de ambos grupos compartan luego de la instrucción, un mismo modo de conocer. De hecho la interacción *grupo x categoría*, para la instancia posttest resulta significativa ($F(264,3)=2971; p < 0,001$) lo que implica que existen diferencias en la manera en que los alumnos de ambos grupos explican el proceso de visión una vez concluida la instrucción. En la tabla 6.6 se presentan los resultados que arroja el test de Duncan al respecto.

GRUPO EXPERIMENTAL VS CONTROL		Grupo Experimental			
(Instancia: Posttest – Contenido: Visión – Tarea: elegir una explicación)		Probabilidad con que se eligen las concepciones			
		I (0,11)	II (0,13)	III (0,13)	IV (0,63)
Grupo Control	I (0,28)	**			
	II (0,24)		**		
	III (0,22)			**	
	IV(0,25)				**

Tabla 6.6 Resultados del test de Duncan para la interacción grupo x categoría, en la instancia posttest y para el contenido visión. Referencias: el ** indica que hay diferenciase estadísticamente significativas con $p < 0,01$

El grupo experimental, entonces, utiliza con una probabilidad estadísticamente menor que el control ($p < 0,01$), las ideas intuitivas (subyacentes a las categorías I y II) y también aquellas que resulta incompletas, aunque no incorrectas desde el saber de la ciencia escolar (categoría III). En contrapartida con ello, el grupo experimental utiliza con una probabilidad significativamente mayor que el control ($p < 0,01$) las ideas de la ciencia escolar (subyacentes a la categoría IV).

El gráfico 6.5 muestra quizá más claramente las diferencias enunciadas. Allí se presenta la probabilidad con que cada grupo utilizó las distintas concepciones para explicar el proceso de visión en esta instancia posttest.

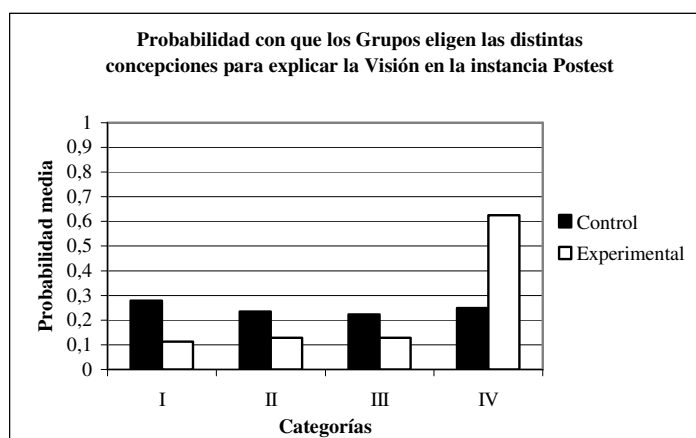


Gráfico 6.5. Probabilidad con que el Grupo Experimental y el Control usan las distintas concepciones para explicar la visión, en la instancia posttest y a lo largo del Test de Respuestas Múltiples.

Haciendo un análisis intragrupo se obtiene que la variable *categoría* influye significativamente sobre el modo en que los estudiantes del grupo experimental explican el proceso de visión ($F(124,3)=46,69; p < 0,001$). Quizá el hecho más relevante aquí, sea (tal como lo indica el test post hoc) que luego de implementada la propuesta didáctica, los alumnos eligen con una probabilidad significativamente mayor que al resto ($p < 0,01$) a la idea de la ciencia escolar (categoría IV) para explicar cómo vemos y por qué vemos como vemos. Así concebirían que la luz reflejada por los objetos debe llegar e interaccionar con el sistema visual donde se producen diversos y complejos procesos que conducen a la visión. El resto de las concepciones (subyacentes a las categorías I, II y III), se utilizan en menor proporción (con un valor de probabilidad medio siempre menor que 0,12) y sin diferencias significativas entre ellas.

En el grupo de control, en cambio, la variable *categoría* no presenta un efecto significativo ($F(140,3)=0,55$; $p=0,06$), lo que implica que los estudiantes utilizan las distintas concepciones sin diferencias estadísticas. Esto indica que usan indiscriminadamente ideas antagónicas, característica ésta de un razonamiento de sentido común no-sistémico e inconsistente, que los llevaría a explicar alternativamente, por ejemplo que: “vemos porque tengo ojos”, “vemos porque la luz ilumina el cuerpo”, “vemos gracias a la luz que refleja selectivamente el objeto” o “vemos porque la luz reflejada por los cuerpos incide en el sistema visual provocando su estimulación”. Pero, analizando globalmente la situación hallada, podemos observar que la mayoría de las respuestas dadas por estos estudiantes (52%) se distribuyen entre las categoría I y II. Esto implica que tienden más a explicar el proceso de visión desde un saber intuitivo (y a partir de razonamientos reduccionistas y no sistémicos) que desde uno coherente con el de la ciencia escolar.

El paso del tiempo, por su parte, produce en ambos grupos, efectos de los “menos” deseados. Así, si analizamos los datos propuestos en las tablas 6.4 y 6.5 entre las instancias posttest y demora, se puede observar que en el grupo experimental disminuye significativamente ($p<0,01$) la probabilidad de que los alumnos expliquen en términos del saber propuesto por la ciencia escolar y aumenta, también significativamente ($p<0,01$), la probabilidad a que utilicen los modelos involucrados en la categoría III. Es decir que con el paso del tiempo disminuye la probabilidad de que los alumnos interpreten el proceso de visión como un proceso *perceptivo*, donde el sistema visual cumple un rol más que relevante (y que va mucho más allá del “simple” acto de mirar) y aumenta la posibilidad de que se lo explique atendiendo exclusivamente a las interacciones que se producen “fuera del observador”, entre la luz y los objetos, (concibiendo que para ver, el objeto debe reflejar luz y el observador debe dirigir sus ojos hacia él).

Pero se puede observar también (aspecto positivo éste), que la baja probabilidad media con que se usan las concepciones intuitivas (subyacentes a las categorías I y II) en la instancia posttest, se mantiene invariante con el transcurrir del tiempo. Así, no existen diferencias estadísticamente significativas entre la instancia posttest y la demora en lo que respecta al uso de estas ideas, lo que implicaría que una vez implementado el proceso de enseñanza, los estudiantes no volvería a recurrir a modelos intuitivos para explicar el proceso de visión.

El efecto que causa el tiempo en el grupo control, por el contrario, conlleva un aumento significativo ($p < 0,01$) de la probabilidad con que los alumnos utilizan las concepciones intuitivas, subyacente a la categoría II (en tanto la probabilidad con que se usan el resto de las ideas, incluidas las de la ciencia escolar, permanecen invariables con el paso del tiempo).

Nuevamente, y tal como se puede observar en el gráfico 6.6, se establecen claras diferencias en el modo de conocer que terminan compartiendo los grupos de estudiantes.

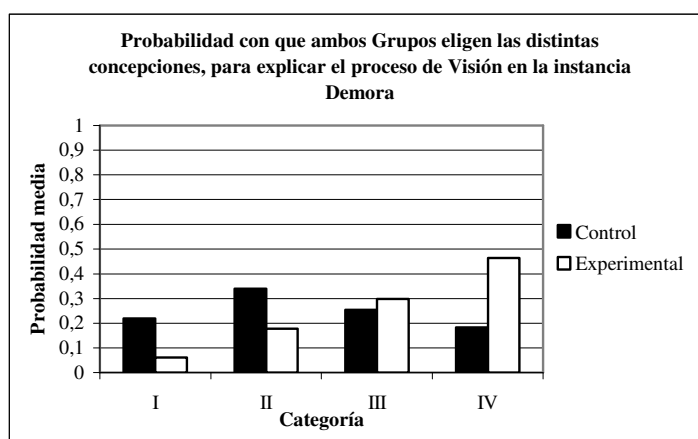


Gráfico 6.6. Probabilidad con que el Grupo Experimental y el Control usan las distintas concepciones para explicar la visión, en la instancia demora y a lo largo del Test de Respuestas Múltiples.

La interacción *grupo x categoría* vuelve a resultar estadísticamente significativa en esta instancia ($F(236,3) = 27,6; p < 0,001$) y en la tabla 6.7 se presentan los resultados que arroja el test de Duncan, al respecto.

GRUPO EXPERIMENTAL VS CONTROL (Instancia: Demora – Contenido: Visión – Tarea: elegir una explicación)		Grupo Experimental			
		Probabilidad con que se eligen las concepciones			
		I (0,06)	II (0,18)	III (0,30)	IV (0,46)
Grupo Control	I (0,22)	**			
	II (0,34)		**		
	III (0,25)				
	IV (0,18)				**

Tabla 6.7 Resultados del test de Duncan para la interacción grupo x categoría, en la instancia demora y para el contenido visión. Referencias: el ** indica diferencias estadísticamente significativas con $p < 0,01$.

Estos resultados indican que los alumnos del grupo experimental usan con una probabilidad estadísticamente mayor que el control ($p < 0,01$), las concepciones de la ciencia y con probabilidades estadísticamente menores que aquél ($p < 0,01$), las ideas intuitivas (subyacentes a las categorías I y II). En tanto sólo las ideas subyacentes a la categoría III son usadas por ambos grupos sin diferencias estadísticamente significativas en esta instancia final.

Pero a su vez (dato más que relevante éste) al realizar un análisis intragrupo sobre la influencia de la variable *categoría*, se obtiene que la misma presenta un efecto significativo en el grupo experimental ($F(124,3)=43,63$; $p < 0,0001$). El test post - hoc revela que estos alumnos siguen eligiendo con una probabilidad estadísticamente mayor que las demás ($p < 0,01$) las ideas de la ciencia escolar para explicar el proceso de visión, pese a los cambios propiciados por el tiempo. Y en contrapartida con ello, a la concepción netamente intuitiva que implica asumir que vemos, simplemente porque “tenemos ojos y miramos hacia el objeto”, la eligen con una probabilidad estadísticamente menor ($p < 0,01$) que al resto.

En el grupo control, y a diferencia de la instancia posttest, la variable *categoría* presenta efectos significativos ($F(112,3)=5,69$; $p=0,001$). Pero el test comparativo de Duncan indica que las ideas subyacentes a la categoría II son usadas con igual probabilidad que a la concepción involucrada en la categoría III. Así, (y al igual que en la etapa anterior) ideas intuitivas que implican concebir que “vemos porque tenemos ojos y la luz ilumina el objeto” se usan de manera análoga a otra concepción, más coherente ésta con la de la ciencia, que conlleva a explicar que “vemos porque la luz reflejada por los objetos incide y estimula el sistema visual”. Pero esta última idea a su vez se usa sin diferencias estadísticamente significativas con la idea de la ciencia escolar (categoría IV) y, peor aún, ambas se usan con igual probabilidad con que se utiliza la concepción netamente intuitiva subyacente a la categoría I. Es decir que en este grupo se sigue observando un uso inconsistente e indiscriminado de modelos antagónicos. Un análisis global de la situación hallada, revela que nuevamente la mayoría de las respuestas que los estudiantes dieron a las problemáticas propuestas (56%) se agruparon entre las categorías I y II. Hecho éste que permite concluir que el grupo Control sigue compartiendo, al igual que en las instancias anteriores, un modo de conocer intuitivo, construido en base al sentido común y la experiencia cotidiana.

En función de lo dicho, podemos comenzar a concluir que la propuesta didáctica implementada en el grupo experimental, no sólo promovió el desarrollo del modo de conocer de los estudiantes, desde uno intuitivo a otro más coherentes con la de la ciencia, sino que el aprendizaje ha sido tal que los alumnos pueden seguir utilizando los modelos por ella propuestos a lo largo del tiempo, para explicar el proceso de visión. La propuesta de enseñanza tradicional, en tanto, no habría potenciado un cambio radical en el modo de conocer de los estudiantes, ya que ellos pese a la instrucción y al paso del tiempo, tienden a explicar cómo y porqué vemos como vemos a partir de un modo de conocer intuitivo análogo al que compartían antes de la instrucción.

Analizamos a continuación, cómo influyen las propuestas de enseñanza sobre la manera en que los grupos de alumnos explican el fenómeno del color.

2.1.2 Estudio de la influencia de la instrucción sobre el modo en que los estudiantes conciben el proceso de percepción del color.

Los resultados respecto de la probabilidad con que los grupos de alumnos utilizan las distintas concepciones antes de la instrucción al interpretar el fenómeno del color, se presentan en el gráfico 6.7.

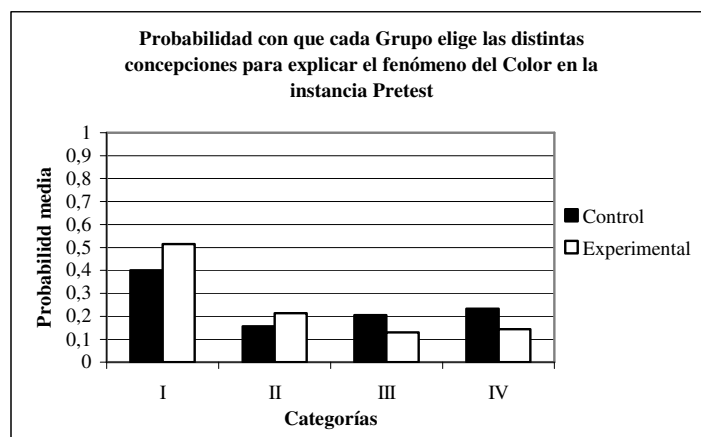


Gráfico 6.7 Probabilidad con que el Grupo Experimental y el Control usan las distintas concepciones para explicar el color, en la instancia pretest y a lo largo del Test de Respuestas Múltiples

El análisis estadístico de los datos, vuelve a indicar que la interacción *grupo x categoría* resulta estadísticamente significativa ($F(268,3) = 8,62$; $p < 0,0001$), lo que implica que los grupos utilizan de manera diferente las diversas concepciones al

momento de explicar el proceso de percepción del color, antes de la instrucción. Los resultados del test comparativo de Duncan, que se presentan en la tabla 6.8 permiten detectar dichas diferencias.

GRUPO EXPERIMENTAL VS CONTROL (Instancia: Pretest - Contenido: Color – Tarea: elegir una explicación)		Grupo Experimental			
		Probabilidad con que se eligen las concepciones			
		I (0,51)	II (0,21)	III (0,13)	IV (0,15)
Grupo Control Probabilidad con que se eligen las distintas concepciones	I (0,40)	*			
	II (0,16)		*		
	III (0,20)			*	
	IV (0,23)				*

Tabla 6.8: Resultados del test de Duncan para la interacción grupo x categoría, en la instancia pretest y para el contenido color. Referencias: el * indica que hay diferencias estadísticamente significativas con $p < 0,05$.

Se observa entonces que el grupo control, utiliza con una probabilidad estadísticamente menor ($p < 0,05$) que el grupo experimental las ideas de naturaleza intuitiva (subyacentes a las categorías I y II) y con una probabilidad estadísticamente mayor que aquel ($p < 0,05$) las concepciones coherentes con las de la ciencia escolar, involucradas en las categoría III y IV. Es decir, el punto de partida de los alumnos del grupo control resulta nuevamente más “favorable” ya que utilizan en mayor medida que los del experimental ideas más complejas y en menor medida las netamente intuitivas para explicar la percepción del color.

A fin de analizar con mayor precisión las diferencias mencionadas, se realiza un estudio de la influencia de la variable *categoría* sobre el uso que los alumnos de ambos grupos hacen de las distintas concepciones. El análisis de varianza indica que la misma resulta significativa en los dos casos ($F(116,3)=38,96$; $p < 0,0001$ para el grupo experimental y $F(152,3)=15,55$; $p < 0,0001$ para el control).

El test post hoc revela al respecto que ambos grupos utilizan con una probabilidad estadísticamente mayor que el resto ($p < 0,01$) las ideas subyacentes a la categoría I, lo que conlleva a concebir que el color es una propiedad del objeto. Es por ello que (al igual que lo realizado al estudiar los resultados obtenidos en relación al proceso de visión) consideramos que los alumnos comparten un *mismo modo de conocer*. Modo de conocer éste, que hemos caracterizado por principios ontológicos, epistemológicos y conceptuales de estado, hecho o dado y realismos ingenuo, propios de un saber intuitivo.

Estudiamos entonces a continuación, los cambios que las distintas metodologías de enseñanza propician sobre este modo de conocer inicialmente compartido por los estudiantes.

En los gráficos 6.8 y 6.9 se presentan los resultados obtenidos respecto de la manera en que fue cambiando la probabilidad con que los alumnos del grupo experimental y control, respectivamente, utilizaron las distintas concepciones (subyacentes a las cuatro categorías de respuestas previamente definidas) a lo largo del tiempo, para explicar el proceso de **percepción del color**

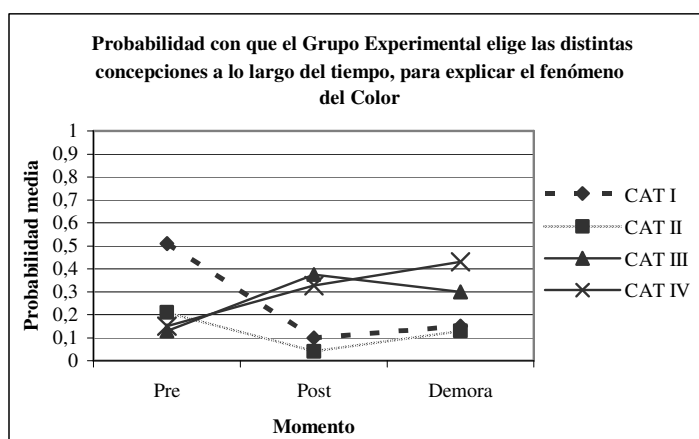


Gráfico 6.8. Cambio observado en el Grupo Experimental, respecto de la probabilidad con que se usan las distintas concepciones a lo largo del tiempo para explicar el proceso de percepción del color

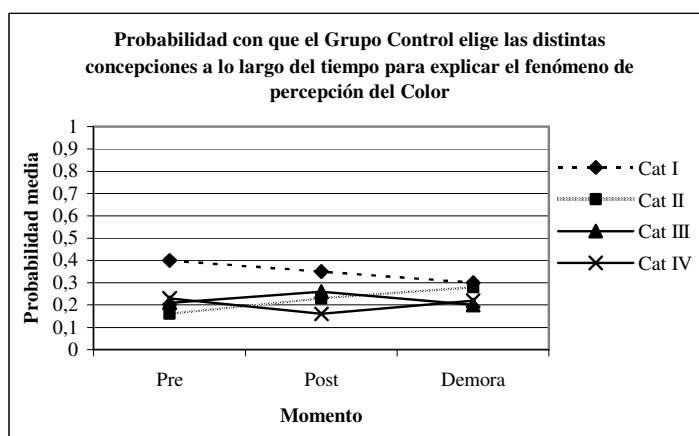


Gráfico 6.9. Cambio observado en el Grupo Control, respecto de la probabilidad con que se usan las distintas concepciones a lo largo del tiempo para explicar el proceso de percepción del color

El análisis de los datos indica que la interacción *grupo x momento x categoría* resulta estadísticamente significativa para este contenido, (F(768;6)=25,23; p<0,0001). Esto significa que existen diferencias en la manera que los grupos utilizan las distintas concepciones en los diversos momentos de análisis. A su vez las interacción *momento x categoría* resulta significativa en cada grupo (F(364;6)=46,36;p<0,001, para el experimental y F(404;6)=4,02, p=0,006 para el control) lo que implica que tanto la propuesta de enseñanza innovadora como la tradicional (y el paso del tiempo) han propiciado cambios significativos en la probabilidad con que los estudiantes utilizan las distintas concepciones al explicar el fenómeno de percepción del color.

En las tablas 6.9 y 6.10 se presentan los resultados aportados por el test post hoc respecto del cambio que se observa en la probabilidad con que los grupos de estudiantes (experimental y control, respectivamente), usaron las distintas concepciones a lo largo del tiempo.

USOS DE DISTINTAS CONCEPCIONES ANTES Y DESPUÉS DE LA INSTRUCCIÓN											
(Grupo Experimental. Contenido Color. Tarea: elegir una explicación)											
PRE vs. POST		Pretest				POST vs. DEMORA		Postest			
		I (0,51)	II (0,21)	III (0, 13)	IV (0,15)			I (0,10)	II (0,04)	III (0,37)	IV (0,32)
Postest	I (0,10)	**				Demora	I(0,15)				
	II (0,04)		**				II(0,13)		**		
	III (0,48)			**			III(0,30)			**	
	IV (0,37)				**		IV(0,43)				

Tabla 6.9 Resultados del test de Duncan para la interacción momento x categoría en el grupo experimental Referencias: el ** indica que hay diferenciase estadísticamente significativas con p<0,01.

USOS DE DISTINTAS CONCEPCIONES ANTES Y DESPUÉS DE LA INSTRUCCIÓN											
(Grupo Control. Contenido Color. Tarea: elegir una explicación)											
PRE vs. POST		Pretest				POST vs. DEMORA		Pretest			
		I (0,40)	II (0,16)	III (0, 20)	IV (0,23)			I (0,35)	II (0,23)	III (0,26)	IV (0,16)
Postest	I (0,35)					Demora	I(0,30)				
	II(0,23)						II(0,28)				
	III(0,26)						III(0,20)				
	IV(0,16)				*		IV(0,22)				

Tabla 6.10 Resultados del test de Duncan para la interacción momento x categoría en el grupo control. Referencias: el * indica que hay diferenciase estadísticamente significativas con p<0,05.

En el grupo experimental se halla que la probabilidad de que los estudiantes elijan las ideas netamente intuitivas (subyacentes a la categoría I) que conlleva a asumir que “el color es una propiedad del objeto”, *disminuye significativamente ($p < 0,01$) desde la instancia inicial hacia la final*. Luego, esta probabilidad que por cierto es muy baja (con una media de 0,1), sigue siéndolo con el transcurrir del tiempo (esto es, no cambia significativamente).

Respecto de la probabilidad con que se eligen las ideas subyacentes a la categoría II (que implica asumir que el color de un objeto depende de las características de la luz incidente y por tanto “si cambia la radiación con que se ilumine el objeto, cambia su color”) *disminuye significativamente ($p < 0,01$) como producto de la instrucción*. Pero el paso del tiempo, potencia un *aumento también significativo ($p < 0,01$)* en la probabilidad con que los estudiantes la eligen, aunque la misma en la instancia demora resulta muy baja (media de 0,1).

En relación a la probabilidad con que se elige las ideas coherentes con las de la ciencia, pero incompletas, subyacentes a la categoría III, *ésta aumenta significativamente ($p < 0,01$) luego de la instrucción*. Con ello aumenta la posibilidad de que los estudiantes reconozcan las múltiples y complejas interacciones que se producen entre la luz y los objetos, y las expliquen en términos de modelos abstractos (pero otorgándole al sistema visual, sólo el rol de mirar). Así, es significativamente mayor que al comienzo, la tendencia de los alumnos a explicar que el color depende de las características espectrales de la luz reflejada selectivamente por los distintos objetos. El tiempo, en tanto, potencia una *significativa disminución ($p < 0,01$)* al uso de estas ideas.

Finalmente, la probabilidad con que se usan las ideas de la ciencia escolar (subyacente a la categoría IV) *aumenta significativamente ($p < 0,01$) con la instrucción*. En tal sentido, aumenta considerablemente la posibilidad de que los estudiantes expliquen que el color percibido es producto de la interacción entre la luz, los objetos y el sistema visual, concibiendo entonces que “la radiación reflejada selectivamente por los cuerpos estimula dicho sistema, donde se producen múltiples y complejos procesos que conducen a la percepción de un color”. Luego, la probabilidad con que los alumnos usan esta concepción (alta por cierto) permanece invariable con el paso del tiempo. En tal sentido no hay diferencias estadísticamente significativas ente la instancia postest y la demora respecto a la tendencia con que se elige dicha idea.

En el grupo control, en tanto, se observa que entre las instancia pre y postest, la única diferencia radica en que la probabilidad con que se usan las concepciones subyacentes a la categoría IV *disminuye significativamente* ($p < 0,05$) luego de la instrucción. El paso del tiempo no provoca cambios estadísticamente significativos en relación a la probabilidad con que se usan las ideas subyacentes a las distintas categorías de respuesta.

Dado que el modo de conocer que compartían los grupos de alumnos antes de la instrucción resultaba análogo y que las distintas metodologías de enseñanza (como así también el paso del tiempo) propician cambios tan desiguales, es de esperar que los estudiantes terminen explicando de manera diferente el proceso de percepción del color.

En tal sentido, la interacción *grupo x categoría* para las instancias postet y demora resultan estadísticamente significativa ($F(264,3)=41,37$; $p<0,0001$ y $F(236,3)=19,92$; $p<0,0001$, respectivamente), lo que implica que son significativas las diferencias en la manera en que los grupos explican este fenómeno luego de la instrucción. Los gráficos 6.10 y 6.11 muestran claramente estas diferencias.

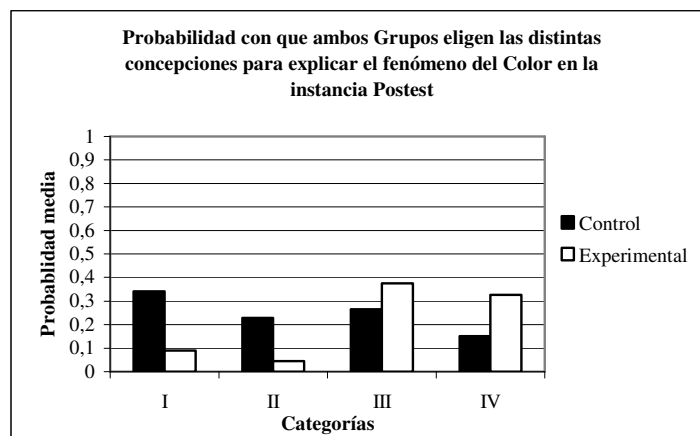


Gráfico 6.10. Probabilidad con que el Grupo Experimental y el Control usan las distintas concepciones para explicar el color, en la instancia postest y a lo largo del Test de Respuestas Múltiples.

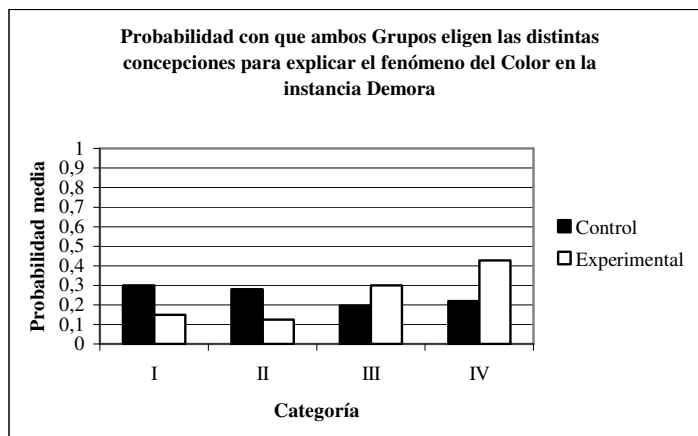


Gráfico 6.11. Probabilidad con que el Grupo Experimental y el Control usan las distintas concepciones para explicar el color, en la instancia demora y a lo largo del Test de Respuestas Múltiples.

Los resultados del test post – hoc para las instancias postest y demora se presentan en las tablas 6.11 y 6.12 respectivamente.

GRUPO EXPERIMENTAL VS CONTROL (Instancia: Postest – Contenido: Color – Tarea: elegir una explicación)		Grupo Experimental Probabilidad con que se eligen las concepciones			
		I (0,10)	II (0,04)	III (0,37)	IV (0,32)
Grupo Control Probabilidad con que se eligen las distintas concepciones	I (0,35)	**			
	II (0,23)		**		
	III (0,26)			**	
	IV (0,16)				**

Tabla 6.11 Resultados del test de Duncan para la interacción grupo x categoría, en la instancia postest y para el contenido color. Referencias: ** indica que hay diferenciase estadísticamente significativas con $p < 0,01$

GRUPO EXPERIMENTAL VS CONTROL (Instancia: Demora – Contenido: Color – Tarea: elegir una explicación)		Grupo Experimental Probabilidad con que se eligen las concepciones			
		I (0,15)	II (0,13)	III (0,30)	IV (0,43)
Grupo Control Probabilidad con que se eligen las distintas concepciones	I (0,30)	**			
	II (0,28)		**		
	III (0,20)			*	
	IV (0,22)				**

Tabla 6.12 Resultados del test de Duncan para la interacción grupo x categoría, en la instancia demora y para el contenido color. Referencias: el * y ** indica que hay diferenciase estadísticamente significativas con $p < 0,05$ y $p < 0,01$, respectivamente.

Se observa entonces, que tanto para la instancia postest como para la demora, el grupo experimental utiliza con una probabilidad estadísticamente mayor que el control

($p < 0,01$) las ideas de la ciencia, subyacentes a la categoría IV. En relación al uso de la idea involucradas en la categoría III es ésta también usada por el grupo experimental con mayor probabilidad que el control tanto en la instancia posttest ($p < 0,01$) como en la demora ($p < 0,05$).

La probabilidad con que se usan las ideas intuitivas en ambas instancias (categorías I y II) resulta significativamente mayor en el grupo control ($p < 0,01$) respecto del experimental. Recuérdese que antes de la instrucción los alumnos del grupo control usaban en mayor medida que el experimental, ideas coherentes con las de la ciencia (aunque la tendencia de ellos también era a explicar los fenómenos en términos intuitivos), por lo que decíamos que comenzaban el proceso de aprendizaje desde un punto *conceptualmente más favorable*. Pero pese a las mencionadas diferencias iniciales, se puede observar que la situación se ha revertido contundentemente.

En tal sentido, al realizar un análisis intragrupo, se halla que la variable *categoría* presenta un efecto significativo en el grupo experimental para la instancia posttest ($F(124,3)=65,69$; $p < 0,0001$). Y el hecho más significativo, revelado por el test post hoc, es que luego de la instrucción, los alumnos de este grupo utilizan con una probabilidad estadísticamente mayor que las concepciones intuitivas ($p < 0,01$), las ideas de la ciencia escolar (subyacente a la categoría IV) y las involucradas en la categoría III que aunque resulten incompletas en relación a los modelos de la ciencia, no son incorrectas. Pero no se hallan aquí diferencias estadísticamente significativas en la probabilidad con que se usan los modelos mencionados. Es decir que en este contenido (y a diferencia de los obtenidos en relación al proceso de visión) no se halla una tendencia al uso de la idea de la ciencia escolar por sobre las demás. No obstante no podemos dejar de observar que el grupo usó dichas concepciones con una probabilidad para nada despreciable (casi el 40% de las respuestas se agrupan en la categoría IV). A su vez, es baja la probabilidad a utilizar en esta instancia post intervención las ideas intuitivas (subyacentes a las categorías I y II). Haciendo un análisis global de la situación hallamos que el 85% de las respuestas se agrupan entre las categorías III y IV por lo que los estudiantes terminarían compartiendo un modo de conocer más coherente con el de la ciencia escolar que con el saber intuitivo.

Finalmente se puede observar, que el aprendizaje promovido en el grupo experimental ha sido tal, que pese a los efectos que produjo el tiempo, la variable *categoría* sigue siendo significativa ($F(124,3)=23,61$; $p < 0,0001$) en el sentido de que los

alumnos terminan eligiendo por sobre las demás ($p < 0,05$), las concepciones de la ciencia escolar para resolver las problemáticas propuestas en el test, en la instancia demora.

Los estudiantes del grupo control, en tanto, en la instancia posttest (y al igual que lo observado para el contenido visión) vuelven a utilizar modelos antagónicos con probabilidades similares (la significatividad de la influencia de la variable categoría presenta un valor límite: $F(112,3)=2,68; p=0,05$). El test pos hoc revela que eligen con igual probabilidad las explicaciones que implican concebir que “el color es una propiedad de la materia” (categoría I); las que conllevan a asumir que “el color depende de las características espectrales de la radiación reflejada selectivamente por los objetos” (categoría III) y las subyacentes a la categoría II, que conlleva a asumir que el objeto se verá “del color de la luz incidente” independientemente de sus características y de las del sistema visual del observador. La única concepción que se usa con una probabilidad estadísticamente diferente respecto de las demás (con $p < 0,05$) es la de la ciencia escolar, pero se diferencia por ser la menos usada (ya analizábamos que la instrucción había favorecido la disminución del uso de dicha concepción).

En la instancia demora, la variable categoría sí presenta un efecto significativo ($F(112,3)=5,69; p=0,0012$). Los resultados del test post – hoc revelan al respecto que si bien la probabilidad mayor es a usar ideas netamente intuitivas, ésta sólo se diferencia significativamente ($p < 0,05$) de la probabilidad con que se usan las concepciones subyacentes a la categoría III. Pero dichas ideas son usadas con igual probabilidad (sin diferencias estadísticamente significativas) con la que se usan las ideas intuitivas involucradas en la categoría II y la idea de la ciencia escolar, subyacente a la categoría IV. El uso no coherente de modelos, entonces, se mantiene también en esta instancia resultando ser la *inconsistencia* en el uso de una concepción en particular, la principal característica del modo de conocer compartido por los alumnos del grupo control al finalizar la instrucción. No obstante tanto en la instancia posttest como en la demora, la mayoría de las respuestas que los alumnos dieron para explicar este fenómeno perceptivo (58% en ambos momentos), se agruparon entre las categorías I y II por lo que compartirían en mayor medida un modo de conocer intuitivo, basado en el sentido común y la experiencia cotidiana.

En definitiva, y al igual que lo hallado en relación al fenómeno de visión, la propuesta didáctica implementada en el grupo experimental, no sólo promovió el

desarrollo del modo de conocer de los estudiantes sino que favoreció un aprendizaje tal que los alumnos logran seguir aplicando a lo largo del tiempo, modelos coherentes con los que ella propone. La propuesta de enseñanza tradicional, por su parte, no habría potenciado un cambio radical en el modo de conocer de los estudiantes, ya que en todo momento se caracteriza por ser uno de índole más bien intuitivo.

2.1.3 Estudio de la influencia del contenido sobre el modo en que los estudiantes eligen las distintas concepciones

En el análisis realizado hasta aquí, nos permitió describir las diferencias que se establecen *entre los grupos* respecto de la manera en que terminaron explicando uno y otro fenómeno perceptivo, luego del proceso de enseñanza formal. Realizamos ahora un estudio *intragrupo*, que permita concluir sobre cómo influye el *contenido* sobre la probabilidad con que los estudiantes utilizan las distintas concepciones luego de la instrucción.

Inmediatamente después de culminado el proceso de enseñanza, el análisis cuantitativo de los datos obtenidos revela que la interacción *contenido x categoría*, resulta estadísticamente significativa tanto para el grupo experimental ($F(248;3)=30,44; p<0,0001$) como en el control ($F(280;3)=3,28; p=0,02$). Esto implica que existen diferencias en la manera en que los alumnos de ambos grupos terminan explicando uno y otro proceso perceptivo.

Analicemos primero la situación hallada en el grupo experimental. En el gráfico 6.12 se presenta comparativamente, la probabilidad con que los estudiantes eligieron las distintas concepciones para explicar el fenómeno de la visión y el de color y en la tabla 6.13 los resultados del test post hoc que revela en que consisten las diferencias indicadas por el ANOVA.

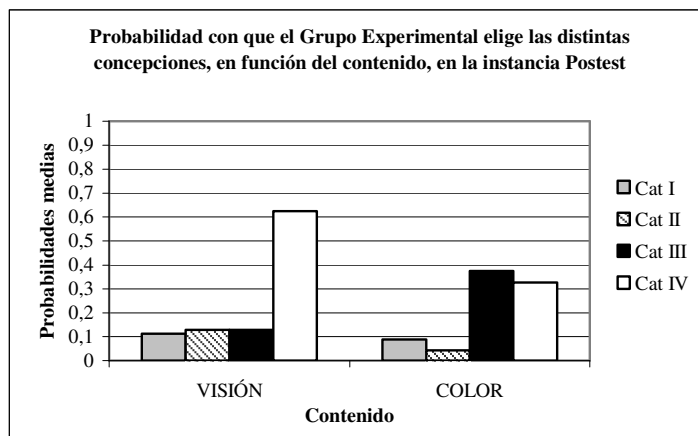


Gráfico 6.13: Uso que hace el Grupo Experimental de las distintas concepciones en función del contenido, en la instancia posttest y a lo largo del Test de Respuestas Múltiples.

GRUPO EXPERIMENTAL : VISIÓN vs. COLOR Instancia: Posttest – Tarea: elección de explicación		Visión			
		Probabilidad con que se eligen las concepciones			
		I (0,11)	II (0,13)	III (0,13)	IV (0,63)
Color	I (0,10)				
	II (0,04)		*		
	III (0,37)			**	
	IV (0,32)				**

Tabla 6.13 Resultados del test de Duncan para la interacción contenido x categoría. Referencias: el * y ** indica que hay diferencias estadísticamente significativas con $p < 0,05$ y $p < 0,01$, respectivamente.

Se halla entonces que la idea de la ciencia escolar es utilizada con una probabilidad estadísticamente mayor ($p < 0,01$) al momento de explicar cómo vemos que cuando se debe explicar porqué vemos objetos de distintos colores. Las concepciones involucradas en la categoría III, en tanto, las cuales implican atender sólo a las interacciones que se producen entre la luz y los objetos para explicar los procesos de percepción visual, son utilizadas con una probabilidad estadísticamente mayor ($p < 0,01$) al momento de explicar el fenómeno del color que al explicar el de visión. Finalmente, las ideas subyacentes a la categoría II, ideas intuitivas basadas en causalidades lineales simples, se usa con una probabilidad estadísticamente menor (pero en este caso con $p < 0,05$) al momento de explicar el color que cuando se debe explicar el proceso de visión. Pero esta última diferencia carecería de importancia en tanto la probabilidad con que se usan estas concepciones en uno y otro contexto es realmente muy baja (0,05 y 0,11). Finalmente, las ideas netamente intuitivas (subyacentes a la categoría I) se utilizan sin diferencias significativas en ambos contextos.

Consideramos que lo más relevante aquí es que los alumnos tienen más posibilidades de utilizar la idea de la ciencia escolar cuando se enfrentan a problemáticas que implican explicar cómo y por qué vemos como vemos que cuando deben explicar cómo y por qué vemos objetos de distintos colores. Ante estas últimas es mayor la probabilidad de activar modos de razonar menos complejos y atender sólo a las interacciones que se establecen entre la luz y los objetos, otorgándoles al sistema visual sólo el rol de mirar. En tal sentido, cabe recordar que para explicar el proceso de visión, los estudiantes eligen con una probabilidad estadísticamente mayor que las demás ($p < 0,01$) la idea subyacente a la categoría IV, que implica explicar que vemos porque “la luz reflejada selectivamente por los objetos incide y estimula el sistema visual del observador”. En tanto al explicar el fenómeno del color las ideas subyacentes a las categorías III y IV se usaban sin diferencias estadísticamente significativas pero con una probabilidad estadísticamente mayor ($p < 0,01$) a la que se usan las de las intuitivas (involucradas en las categorías I y II).

Centrándonos ahora en el grupo control, en el gráfico 6.14 se presentan las probabilidades con que fueron usadas las distintas concepciones al explicar el proceso de visión y al explicar el de percepción del color. Como ya hemos indicado, la interacción contenido x categoría resulta también significativa en este grupo. En la tabla 6.14 se presentan los resultados que el test de Duncan arroja al respecto.

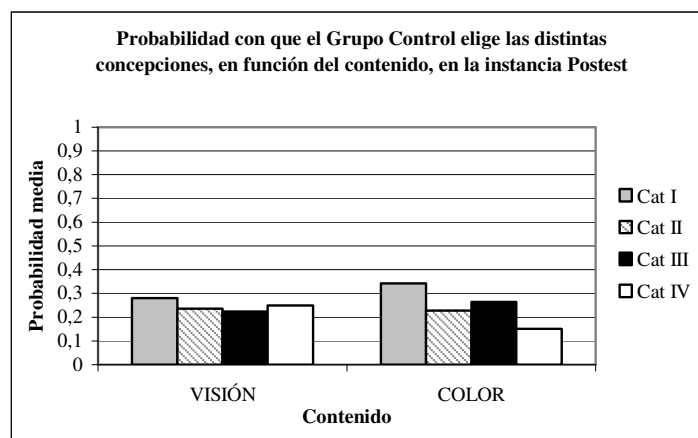


Gráfico 6.14: *Uso que hace el Grupo Control de las distintas concepciones en función del contenido, en la instancia posttest a lo largo del Test de Respuestas Múltiples.*

GRUPO CONTROL: VISIÓN vs. COLOR (Instancia: Posttest - Tarea: elección de explicación)		Visión			
		Probabilidad con que se eligen las distintas concepciones			
		I (0,28)	II (0,24)	III (0,22)	IV (0,25)
Color Probabilidad con que se usan las concepciones	I (0,35)				
	II (0,23)				
	III (0,26)				
	IV (0,16)				**

Tabla 6.14 Resultados del test de Duncan para la interacción contenido x categoría. Referencias: ** indica que hay diferenciase estadísticamente significativas con $p < 0,01$.

El test post hoc revela entonces, que la única diferencia significativa hallada se relaciona con el hecho de que la idea de la ciencia se elige con mayor probabilidad para explicar el proceso de visión que el fenómeno del color ($p < 0,01$). No obstante en ambos contenidos menos del 25 % de las respuestas se agrupan en la categoría IV. Esta diferencia entonces, no hace al modo de conocer que aplican los estudiantes. En tal sentido ya hemos analizado con antelación que en lo que respecta al proceso de visión, los estudiantes eligen con igual probabilidad (esto es sin diferencias significativas) todas las concepciones subyacentes a las cuatro categorías de respuesta. En lo que respecta al color, en tanto, si bien se observa que la mayor tendencia se da al uso de las ideas netamente intuitivas (categoría I) la probabilidad con que se las usa no difiere estadísticamente de la que se utilizan las concepciones subyacentes a la categoría III (la cual se utiliza a su vez con igual probabilidad con que se utiliza las intuitivas subyacentes a la categoría II). La idea de la ciencia escolar, en tanto se usa con una probabilidad significativamente menor ($p < 0,05$) que las demás. Es decir que en ambos contenidos los alumnos tienden a elegir, indiscriminadamente, modelos antagónicos (intuitivos unos y coherentes con los de la ciencia otros).

En la instancia demora, siguen siendo significativa la interacción *contenido x categoría* tanto en el grupo experimental ($F(248;3) = 3,36$ $p = 0,02$) como en el control ($F(224;3) = 3,20$; $p = 0,02$). Analicemos entonces las diferencias que en uno y otro grupo se establecen en la manera en que se explican los fenómenos perceptivos. En el gráfico 6.15 se presentan los resultados hallados en el grupo experimental

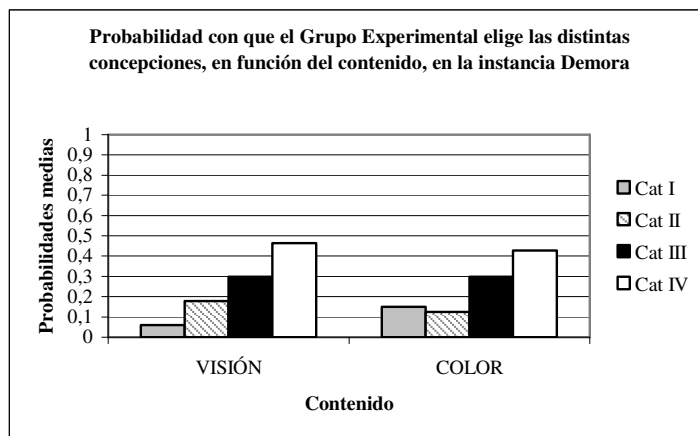


Gráfico 6.15: Uso que hace el Grupo Experimental de las distintas concepciones en función del contenido, en la instancia demora y a lo largo del Test de Respuestas Múltiples..

Los resultados del test post hoc (tabla 6.15) revelan que en este momento tanto las ideas de la ciencia escolar como las subyacentes a la categoría III, se utilizan sin diferencias significativas en uno y otro contexto (a diferencia de lo observado en la instancia anterior)

GRUPO EXPERIMENTAL: VISIÓN vs. COLOR Instancia: Demora – Tarea: elección de explicación		Visión			
		Probabilidad con que se eligen las concepciones			
		I (0,06)	II (0,18)	III (0,30)	IV (0,46)
Color	I (0,15)	**			
	II (0,13)				
	III (0,30)				
	IV (0,43)				

Tabla 6.15 Resultados del test de Duncan para la interacción contenido x categoría, en la instancia. Referencias: el ** indica que hay diferencias estadísticamente significativas con $p < 0,01$

La única diferencia estadísticamente significativa hallada ($p < 0,01$) radica en que las ideas netamente intuitivas se eligen con una probabilidad menor (prácticamente nula) para explicar el proceso de visión que para explicar el de percepción del color. Pero quizá lo más significativo aquí sea, y tal como se anunció con antelación, que en ambos contextos se utilicen con una probabilidad estadísticamente mayor que los modelos intuitivos, los modelos sistémicos de la ciencia escolar ($p < 0,01$) que implican concebir que “vemos porque la luz reflejada por los objetos incide y estimula el sistema visual” y que el color “es una percepción producto de la interacción que se establece entre dicho sistema y la radiación reflejada selectivamente por los cuerpos”.

Es decir que con el paso del tiempo, los alumnos siguen explicando cómo vemos y por qué vemos objetos de distintos colores, en función de razonamientos sistémicos y plurivariados, basados en principios de interacción y sistemas que los lleva a reconocer las múltiples relaciones que se dan entre los objetos, el sistema visual y la luz, durante estos procesos.

Respecto al grupo control, los resultados obtenidos en relación al uso que estos alumnos hacen de las distintas concepciones para explicar uno y otro fenómeno se presentan en el gráfico 6.16

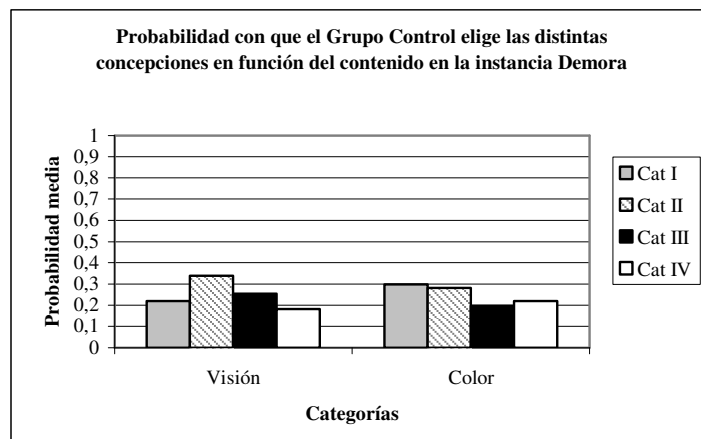


Gráfico 6.16: *Uso que hace el Grupo Control de las distintas concepciones en función del contenido, en la instancia demora y a lo largo del Test de Respuestas Múltiples.*

El test post hoc revela que la única diferencia estadísticamente significativa (con $p < 0,05$) radica en que las ideas netamente intuitivas (categoría I) se utilizan con mayor probabilidad al explicar el fenómeno del color que el de visión. A diferencia de la instancia posttest, las ideas de la ciencia se utilizan con igual probabilidad en ambos contextos y nuevamente con una baja probabilidad, que en ningún caso se diferencia de la correspondiente al uso de ideas intuitivas.

2.1.4 Análisis de resultados.

En función de los resultados obtenidos, podemos comenzar a dar algunas respuestas a los interrogantes que nos planteábamos al comienzo de esta sección, acerca de qué tipo de concepciones utilizan con mayor probabilidad cada grupo en los distintos momentos de análisis; sobre cómo influye la instrucción sobre el modo de conocer de los estudiantes, y acerca de las diferencias detectadas entre los grupos respecto de la manera en que culminan explicando los procesos de percepción visual.

Los resultados obtenidos en la etapa pretest, nos permitieron apreciar que antes de implementados los procesos de enseñanza, los alumnos de ambos grupos tendían a explicar tanto al proceso de visión como el de percepción del color a partir de ideas intuitivas. En tal sentido, activaban modos de razonar que hemos caracterizado como no sistémicos sino reduccionistas y monovariados. Así los estudiantes basándose en un saber construido cotidianamente, a partir de la información otorgada principalmente por sus sentidos, explicaban por ejemplo que “vemos porque tenemos ojos y miramos” y que “el color es una propiedad de los objetos”. Concebimos asociado a este modo de conocer, principios ontológicos, conceptuales y epistemológicos de estado, hecho o dato y realismo ingenuo

Los datos obtenidos en la instancia postest, en tanto, nos permitieron apreciar que en lo que se refiere al proceso de visión, la instrucción implementada en ambos grupos, potenció la disminución en la probabilidad a usar ideas intuitivas y el aumento de la probabilidad a usar las ideas coherentes con las de la ciencia. No obstante, estos cambios *no* implicaron que los alumnos del grupo control y experimental explicaran este proceso perceptivo, de manera análoga al culminar el proceso de enseñanza. En tal sentido, los alumnos con quienes se implementó la propuesta didáctica innovadora, terminaron eligiendo con mayor probabilidad las ideas coherentes con las de la ciencia, pudiéndose caracterizar al modo de razonar que activaron como plurivariado (en tanto se reconocen los tres elementos involucrados) y sistémico (en tanto se interpreta la función de cada uno en términos de interacciones múltiples). Utilizaron con mayor probabilidad por sobre las demás la concepción que implica asumir que “vemos porque la luz reflejada por los objetos incide y estimula el sistema visual”. A este modo de conocer le hemos asociados principios ontológicos y conceptuales de sistema e interacción, en un proceso superador del epistemológico de realismo ingenuo.

Los alumnos del grupo control, en cambio, si bien tendieron a elegir con probabilidades análogas concepciones antagónicas (intuitivas y coherentes con las de la ciencia escolar), las ideas principalmente utilizadas luego de la instrucción fueron, al igual que en la instancia pretest, las de naturaleza intuitivas (subyacentes a las categorías I y II).

En relación al proceso de percepción del color, en tanto, los cambios que propician las metodologías de enseñanza resultan esencialmente diferentes, y por ende culminan siendo diferentes los modos de conocer que los estudiantes de cada grupo comparten luego de la instrucción formal.

La propuesta innovadora potenció la disminución de la probabilidad con que los alumnos usan las ideas netamente intuitivas, y promovió el aumento de la probabilidad a que se elijan las involucradas en las categorías III y IV. Esto trajo como consecuencia que sean las concepciones subyacentes a estas categorías las que se usaron con probabilidad estadísticamente mayor que las intuitivas (implicadas en las categorías I y II) luego de la instrucción. Es decir, los alumnos terminan explicando este proceso perceptivo en función de modelos abstractos y modos de razonar que hemos caracterizado como plurivaridos.

Pero observamos en la instancia postest que las concepciones involucradas en las categorías III y IV se usaron sin diferencias estadísticamente significativas. Para poder entonces clarificar qué tipo de conocimiento comparten los estudiantes respecto del fenómeno del color, resulta oportuno atender a los aspectos comunes que subyacen a las categorías mencionadas. El núcleo conceptual central de la idea compartida por los alumnos (núcleo central que subyace a ambas categorías) implicaría reconocer que la luz interacciona con los objetos produciéndose los fenómenos de absorción, reflexión y/o transmisión selectiva, e interpretar que el color depende de las características de esta luz emitida por el cuerpo. Esto significa que los estudiantes no concebirían todavía al color como un proceso de percepción visual, sino que tenderían a interpretarlo como producto de las interacciones que ocurren entre la luz y los objetos y “fuera del observador”, en tanto éste solo debe “mirar” para percibir el color.

Ya proponíamos con antelación (en el capítulo V) que la interacción luz reflejada - sistema visual es la que presenta mayor “carga” contra-intuitiva, y por ende, su construcción mayor complejidad conceptual para los estudiantes. El hecho observado aquí apoyaría dicha premisa ya que el núcleo conceptual que parece construirse con

mayor solidez se basa en la interacción luz – objeto. Los fenómenos de absorción, transmisión y reflexión selectiva presentaría para los estudiantes menor complejidad, que la interacción luz – sistema visual, ya que de algún modo ampliaría la concepción intuitiva pero no la contradice radicalmente, por lo que tenderían a “aceptarlos y comprenderlos” con mayor facilidad.

No obstante, el haber superado la idea de que el color es una propiedad de la materia, y haber reconocido que el mismo es producto de la interacción que se da entre ella y la luz, es una base conceptual sólida y más que pertinente, para que a partir de ella los alumnos sigan construyendo la idea de la ciencia escolar, al incorporar al modelo que manifiestan haber construido con la instrucción, la interacción luz - sistema visual y otorgarle entonces un papel más relevante (del que se le reconoce hasta el momento) al órgano perceptivo y al sistema visual en su conjunto. Además, un hecho que resulta indispensable para construir dicha idea, es el haber construido a priori un modelo sistémico (aunque simplificado en función del propuesto por la ciencia actualmente), en relación al proceso de visión. Y este hecho se observa aquí, dado que los estudiantes lo usan con una clara tendencia por sobre las demás concepciones. A su vez, luego de la instrucción no vuelven a recurrir a sus iniciales ideas intuitivas, para explicar los distintos problemas.

Todo lo dicho nos lleva a concluir que los alumnos del grupo experimental estarían transitando exitosamente el aprendizaje de los modelos de la ciencia no sólo respecto del proceso de visión, sino también del de percepción del color, al observarse un cambio sustancial en su modo de conocer desde uno netamente intuitivo hacia otro más coherente con el de la ciencia, caracterizada por principios ontológicos y conceptuales de sistema e interacción (para el caso de la visión) y de proceso y causalidad lineal múltiple (en lo que respecta al color) en un evidente proceso de superación del epistemológico de realismo ingenuo.

En el grupo control, en cambio, se observa en ambos contenidos que modelos antagónicos se eligen con probabilidades análogas, resultado siempre las concepciones intuitivas las más utilizadas. Es decir que en ambos fenómenos, se observa una “competencia” de ideas cotidianas, construidas en base al sentido común y la experiencia diaria e ideas coherentes con las de la ciencia, construidas como producto de la escolarización. Así los alumnos parecen intentar utilizar algunos modelos coherentes con los de la ciencia que han sido presentados en clase, pero no logran

usarlos con mayor probabilidad con que utilizan sus “originales” ideas intuitivas. Todo esto sería producto de los razonamientos ad-hoc, donde se incorporan como hipótesis anexas las concepciones científicas, pero se sigue manteniendo el núcleo central de las concepciones intuitivas (Salina y Sandoval, 1996) Es por ello que al modo de conocer de estos estudiantes, se lo puedo caracterizar por presentar una alta inconsistencia al uso de una concepción en particular.

Finalmente, los resultados obtenidos en la instancia demora, nos permiten evaluar la permanencia del uso de las ideas construidas en clase de ciencia, y con ello la significatividad del aprendizaje experimentado por los alumnos, como consecuencia del proceso de enseñanza implementado.

Respecto de los estudiantes del grupo experimental, observamos que luego de transcurrido el tiempo, siguen eligiendo con mayor probabilidad por sobre las demás las ideas de la ciencia (subyacente a la categoría IV) para explicar ambos fenómenos. Un dato más que relevante que permite concluir que el aprendizaje propiciado habría implicado un cambio radical en el modo de conocer de estos alumnos. No obstante, el hecho de que en la instancia posttest hayan usado para explicar el color con igual probabilidad la idea de la ciencia escolar y aquella que aunque correcta resulta incompleta, es un dato que no deja de “poner sombras” sobre la contundencia del cambio mencionado. Los resultados obtenidos cuando los alumnos se enfrentaron al cuestionario (donde tuvieron la libertad de usar aquellas ideas que comparten más solidamente y las reconocen como más adecuadas para elaborar una explicación) se convierten en un indicativo sumamente relevante que permitirá culminar con la caracterización del aprendizaje propiciado por la propuesta diseñada y experimentado por estos estudiantes.

En el grupo control en tanto, el tiempo no provoca cambios importantes, y los alumnos siguen haciendo uso indiscriminado de modelos antagónicos, resultando ser las ideas intuitivas (subyacentes a las categorías I y II), las utilizadas en mayor medida. En tal sentido, tanto en la instancia posttest como en la demora, se observa que los estudiantes intentan usar los modelos de la ciencia propuestos en clase, pero no los reconocen y eligen en la mayoría de los casos, motivo por el cual ideas intuitivas y otras producto de la escolarización, se utilizan con igual probabilidad. Pero también se observa en ambas instancias y para ambos contenidos, que la mayoría de las respuestas que dieron los alumnos se agruparon entre las categorías que involucran concepciones

intuitivas y modelos reduccionistas y no sistémicos, basados en hechos o datos y estados o causalidades lineales simples. Así en todo momento tienden a elegir, principalmente, respuestas del tipo “veo porque tengo ojos y miro el objeto”, “para ver debemos mirar hacia el objeto y la luz debe iluminarlo”, “un objeto se ve rojo porque esta hecho o pintado de esa manera” “el color es una propiedad del objeto que puede cambiar cuando cambia la luz incidente”. Analizar las ideas que utilizan este grupo cuando la tarea implica que sean ellos quienes elaboran una explicación permitirá describir con mayor precisión el tipo de conocimiento que realmente comparten.

En función de todo lo dicho, podemos concluir que en relación a ambos fenómenos, la propuesta de enseñanza innovadora favoreció el cambio en el modo de conocer de los estudiantes, desde uno inicialmente intuitivo hacia otro coherente con el de la ciencia escolar. Y el aprendizaje propiciado ha sido tal que los alumnos, aún en la instancia demora siguen utilizando los modelos construidos como producto de la escolarización.

La enseñanza tradicional, en cambio, no propició una modificación profunda del modo de conocer de los alumnos (y con ello de los principios conceptuales, epistemológicos y ontológicos subyacentes), quienes en todo momento seguirían basándose principalmente en concepciones intuitivas para explicar los fenómenos perceptivos.

A fin de culminar con la descripción e interpretación del conocimiento compartido por los estudiantes, como así también sobre el tipo de aprendizaje propiciado por las distintas propuestas de enseñanza, se presentan a continuación los resultados obtenidos cuando los alumnos se enfrentaron a la tarea de ELABORAR sus explicaciones basándose en sus propias concepciones.

2.2 ¿CÓMO INFLUYE LA INSTRUCCIÓN Y EL PASO DEL TIEMPO SOBRE EL MODO DE CONOCER QUE LOS ESTUDIANTES UTILIZAN AL MOMENTO DE ELABORAR UNA EXPLICACIÓN? *Un análisis global del aprendizaje propiciado por los distintos procesos de enseñanza.*

2.2.1 Estudio de la influencia de la instrucción sobre el modo en que los estudiantes conciben el proceso de visión.

En el gráfico 6.17 se presenta la probabilidad con que los alumnos del grupo control y experimental utilizan las distintas concepciones al momento de elaborar sus explicaciones en relación al proceso de visión.

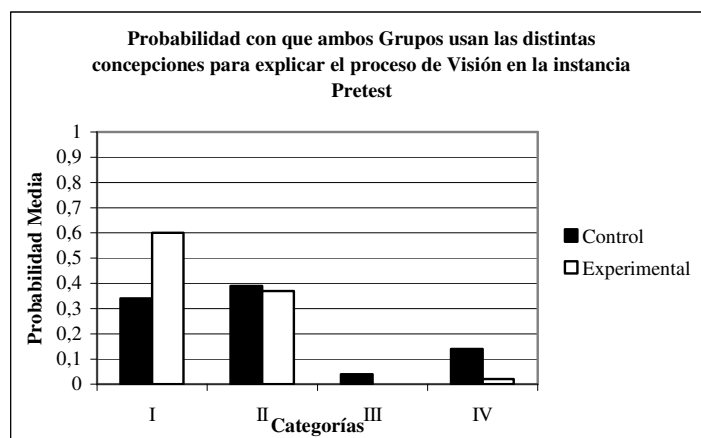


Gráfico 6.17. Probabilidad con que cada grupo usa las distintas concepciones para explicar la VISIÓN en la instancia pretest a lo largo del Cuestionario

El análisis estadístico de los datos revela que la interacción *grupo x categoría* resulta significativa ($F(269,3)=6,48$; $p=0,0003$), lo que implica que existen diferencias en la manera en que los grupos explican este proceso perceptivo.

Los resultados del test post-hoc (que se presentan en la tabla 6.16) revelan que el grupo control usa con una probabilidad estadísticamente menor que el experimental ($p<0,01$) la concepción subyacente a la categoría I (que involucra ideas netamente intuitivas) y con una significativamente mayor ($p<0,05$) las involucradas en la categorías IV (a la que subyace la explicación de la ciencia escolar). Es decir (y nuevamente) el punto de partida de los alumnos del grupo control parece ser más favorable que el del experimental.


GRUPO EXPERIMENTAL VS CONTROL (Instancia Pretest - Contenido Visión – Tarea: elaboración de explicación)		Grupo Experimental			
		Probabilidad con que se usan las concepciones			
		I (0,60)	II (0,33)	III (0,0)	IV (0,02)
Grupo Control Probabilidad con que se usan las distintas concepciones	I (0,34)	**			
	II (0,39)				
	III (0,04)				
	IV (0,14)				*

Tabla 6.16 Resultados del test de Duncan para la interacción grupo x categoría, en la instancia pretest y para el contenido visión. Referencias: * y ** indica que hay diferencias estadísticamente significativas con $p < 0,05$ y $p < 0,01$, respectivamente.

Al hacer un análisis intragrupo, para estudiar la influencia de la variable *categoría* sobre el tipo de concepciones que los estudiantes usan para elaborar sus respuestas (y poder así clarificar su modo de conocer), se obtiene que en ambos casos dicha influencia resulta estadísticamente significativa ($F(132,3)=45,82$; $p < 0,0001$ para el grupo experimental y $F(160,3)=21,29$; $p < 0,0001$ para el grupo control). El test comparativo de Duncan revela en tanto, que el grupo experimental usa las ideas netamente intuitivas subyacentes a la categoría I con una probabilidad estadísticamente mayor ($p < 0,01$) que a las demás. En el grupo control se halla que son las ideas subyacentes a las categorías I y II (que se utilizan sin diferencias significativas entre sí) las que se usan con una probabilidad estadísticamente mayor ($p < 0,01$) que con la que se usan las concepciones más coherentes con las de la ciencia (como las involucradas en las categorías III y IV, que también se usan sin diferencias significativas entre sí).

Es decir que los dos grupos elaboran sus explicaciones utilizando con mayor probabilidad un modo de conocer cotidiano y activando razonamientos reduccionistas y no sistémicos. Es por esta razón que a fines de este estudio, consideramos a estos grupos como *conceptualmente homogéneos* dado que en definitiva comparten un *mismo modo de conocer: el intuitivo*.

Así por ejemplo alumnos del Grupo Experimental explican:


 Vemos porque el punto negro que tenemos en el centro de nuestro ojo nos permite ver, así que cuando el ojo está curado no vemos porque el punto negro está cubierto.

A1:

A3: “Veo porque tengo ojos y con estos puedo ver objetos, personas, etc”.

Alumnos del grupo Control, por su parte, explican por ejemplo:

A28: “Vemos gracias al ojo, dentro del ojo tenemos al iris y la pupila. La pupila es la que nos hace ver, si cerramos los ojos no podríamos ver o si tapamos con un dedo la pupila, y queda el iris destapado no podríamos ver igual. En cambio si apagas la luz algo puedes ver, la luz que entra de la ventana y aparte puedes ir tocando las cosas”

A16

④ Nosotros podemos ver la hoja ya que está presente todas las propiedades para que la podamos detectar con nuestro ojo. (es plana, posee medulas y cubos hay la suficiente luz para que la podamos ver)

Con el fin de comenzar a analizar la influencia de las distintas metodologías de enseñanza sobre el modo en que los alumnos interpretan el proceso de visión, se presenta en los gráficos 6.18 y 6.19, cómo fue cambiando a lo largo del tiempo, la probabilidad con que se utilizaron las distintas concepciones (subyacentes a las cuatro categorías de respuestas previamente definidas) en el grupo experimental y control, respectivamente.

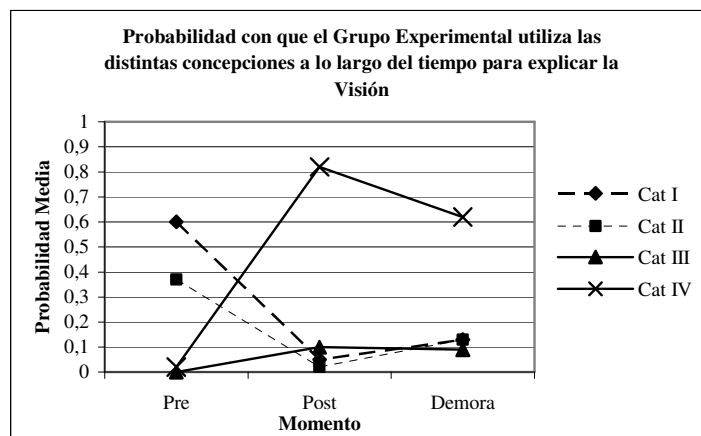


Gráfico 6.18. Probabilidad con que el grupo Experimental usa las distintas concepciones a lo largo del tiempo para explicar la visión.

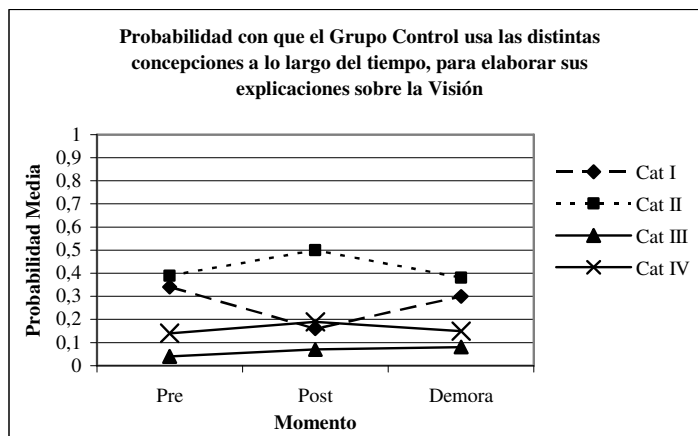


Gráfico 6.19. Probabilidad con que el grupo Control usa las distintas concepciones a lo largo del tiempo para explicar la visión

El análisis estadístico de los datos, indica que la interacción *grupo x momento x categoría* resulta estadísticamente significativa para este contenido, ($F(768;6)=30,28;p<0,0001$). Esto significa que existen diferencias en la manera en que los grupos utilizan las distintas concepciones en los diversos momentos de análisis. A su vez las interacción *momento x categoría* resulta significativa en cada grupo ($F(379;6)=69,98;p<0,001$ para el experimental y $F(408;6)=3,09; p=0,006$ para el control) lo que implica que tanto la propuesta de enseñanza innovadora como la tradicional (y el paso del tiempo) han propiciado cambios significativos en la probabilidad con que los estudiantes utilizan las distintas concepciones al explicar el proceso de visión.

Estudiamos entonces, con el objetivo de interpretar la naturaleza de las diferencias mencionadas, los resultados del test post hoc, a partir del cual se compara estadísticamente las probabilidades con que se utilizaron las distintas concepciones en los distintos momentos de instrucción. En las tablas 6.17 y 6.18 presentamos los resultados aportados por el test de Duncan, en relación al grupo experimental y control, respectivamente.

USOS DE DISTINTAS CONCEPCIONES ANTES Y DESPUÉS DE LA INSTRUCCIÓN											
(Grupo Experimental. Contenido Visión. Tarea: Elaboración de explicación)											
PRE vs. POST		Pretest				POST vs. DEMORA		Postest			
		I (0,60)	II (0,33)	III (0)	IV (0,02)			I (0,05)	II (0,02)	III (0,10)	IV (0,83)
Postest	I(0,05)	**				Demora	I(0,13)				
	II(0,02)		**				II(0,14)		*		
	III(0,10)						III(0,10)				
	IV(0,83)				**		IV(0,61)			**	

Tabla 6.17 Resultados del test de Duncan para la interacción momento x categoría. Referencias: el * y ** indica que hay diferenciase estadísticamente significativas con $p < 0,05$ y $p < 0,01$, respectivamente.

USOS DE DISTINTAS CONCEPCIONES ANTES Y DESPUÉS DE LA INSTRUCCIÓN											
(Grupo Control. Contenido Visión. Tarea: Elaboración de explicación)											
PRE vs. POST		Pretest				POST vs. DEMORA		Postest			
		I (0,34)	II (0,39)	III (0,04)	IV (0,14)			I (0,16)	II (0,50)	III (0,07)	IV (0,19)
Postest	I (0,16)	**				Demora	I(0,30)	*			
	II(0,50)						II(0,38)				
	III(0,07)						III(0,08)				
	IV(0,19)						IV(0,15)				

Tabla 6.18 Resultados del test de Duncan para la interacción momento x categoría. Referencias: el * y ** indica que hay diferenciase estadísticamente significativas con $p < 0,05$ y $p < 0,01$, respectivamente.

Se halla entonces, que entre las instancia pre y postest, tanto la metodología de enseñanza tradicional como la innovadora propician la disminución significativa ($p < 0,01$) de la probabilidad con que los estudiantes elaboran sus respuestas en términos de las ideas netamente intuitivas (categoría I). En tanto, mientras que éste es el único cambio significativo que se observa en el grupo control, en el experimental se halla también una significativa disminución ($p < 0,01$) del uso de las ideas subyacentes a la categoría II y un aumento (también significativo, con $p < 0,01$) de la probabilidad de que los estudiantes elaboren sus explicaciones a partir de las ideas de la ciencia escolar (categoría IV).

Debido a los diferentes efectos que producen las metodologías de enseñanza (y ya que los grupos habían resultado conceptualmente homogéneos en la instancia pretest) el modo de conocer que terminan compartiendo los estudiantes resultan también distinto. En tal sentido, la interacción *grupo x categoría* para la instancia postest resulta significativa ($F(259,3) = 86,81; p < 0,0001$). En la figura 6.20 se presenta, comparativamente la probabilidad con que el grupo control y experimental usan las

distintas concepciones luego de la instrucción para explicar el proceso de visión. En la tabla 6.19 se presentan los resultados arrojados por el test post- hoc al respecto.

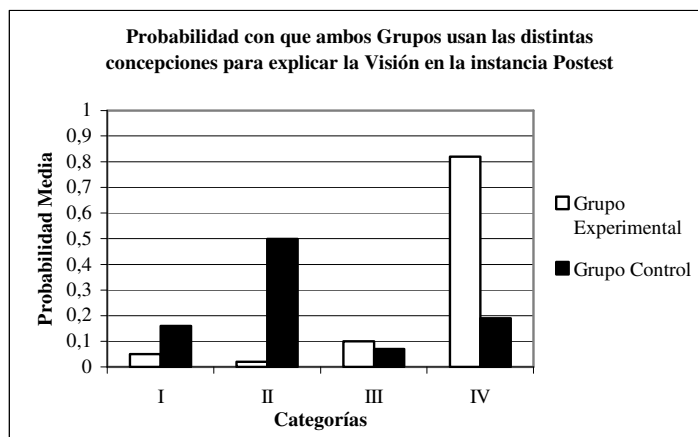


Gráfico 6.20. Probabilidad con que cada grupo usa las distintas concepciones para explicar la VISIÓN en la instancia posttest a lo largo del Cuestionario

GRUPO EXPERIMENTAL VS CONTROL (Instancia: Postest - Contenido Visión – Tarea: elaboración de explicación)		Grupo Experimental			
		Probabilidad con que se usan las concepciones			
		I (0,05)	II (0,02)	III (0,10)	IV (0,83)
Grupo Control	I (0,16)	*			
	II (0,50)		**		
	III (0,07)				
	IV (0,19)				**

Tabla 6.19 Resultados del test de Duncan para la interacción grupo x categoría, en la instancia posttest y para el contenido visión. Referencias: el * y ** indica que hay diferenciase estadísticamente significativas con $p < 0,05$ y $p < 0,01$, respectivamente

Los resultados del test de Duncan revelan entonces que el grupo control usa con una probabilidad estadísticamente mayor que el experimental las concepciones involucradas en las categorías I ($p < 0,05$) y II ($p < 0,01$), las cuales son de naturaleza intuitiva. En contrapartida con ello, el grupo experimental utiliza con una probabilidad significativamente mayor que el control ($p < 0,01$) las ideas de la ciencia escolar (Categoría IV). Sólo las ideas subyacentes a categoría III (ideas coherentes con las de la ciencia pero incompletas), son utilizadas por ambos grupos sin diferencias estadísticamente significativas y siempre con una probabilidad baja (menor que 0,1)

Un análisis intragrupo acerca de la influencia de la variable *categoría* sobre la manera en que los estudiantes explican el proceso de visión, permite caracterizar con

mayor rigurosidad el modo de conocer de cada grupo y las diferencias halladas. El ANOVA realizado al respecto revela que la influencia mencionada es significativa en ambos grupos ($F(123,3)=152,17;p<0,0001$ para el grupo experimental y $F(136,3)=21,72;p<0,0001$ para el grupo control).

El hecho quizá más importante aquí (revelado por test post hoc), sea que los alumnos del grupo experimental explican el proceso de visión utilizando con una probabilidad significativamente mayor que el resto ($p<0,01$), la idea de la ciencia escolar (en tanto las demás concepciones son usadas en menor proporción y sin diferencias significativas entre ellas). Los alumnos del grupo control, en cambio, explican en esta instancia posttest (y de manera análoga a lo que hacían antes de la instrucción) en términos intuitivos, ya que utilizan con una probabilidad estadísticamente mayor que el resto ($p<0,01$) la idea subyacente a la categoría II.

El paso del tiempo, por su parte, vuelve a producir efectos de los menos deseados (tal como se puede observar en las tablas 6.17 y 6.18 al compararse las instancias posttest y demora) al propiciar un aumento significativo ($p<0,05$) en la probabilidad de que los estudiantes elaboren sus explicaciones en términos de ideas intuitivas (subyacentes a la categoría I en el caso del control y a la II en el experimental). A su vez, efecto también negativo, en el grupo experimental se observa que con el transcurrir del tiempo disminuye significativamente ($p<0,01$) la probabilidad con que los alumnos utilizan el sistémico modelo de la ciencia escolar (involucrado en la categoría IV)

No obstante, las diferencias en el modo en que los grupos conciben el proceso de visión en la instancia demora, son contundentes. (tal como se puede visualizar en el gráfico 6.21)

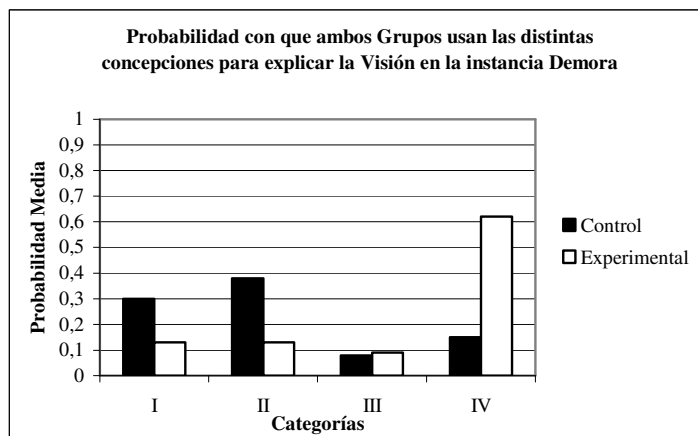


Gráfico 6.21. Probabilidad con que el Grupo Experimental y el Control usan las distintas concepciones para explicar la visión, en la instancia demora a lo largo del Cuestionario

En tal sentido la interacción *grupo x categoría*, resulta estadísticamente significativa ($F(236,3)=34,86;p<0,0001$). Los resultados del test post-hoc al respecto se presentan en la tabla 6.20.

GRUPO EXPERIMENTAL VS CONTROL (Instancia: Demora – Contenido: Visión – Tarea: elaborar explicación)		Grupo Experimental			
		Probabilidad con que se usan las concepciones			
		I (0,13)	II (0,14)	III (0,10)	IV (0,61)
Grupo Control	I (0,30)	**			
	II (0,38)		**		
	III (0,08)				
	IV (0,15)				**

Tabla 6.20 Resultados del test de Duncan para la interacción grupo x categoría, en la instancia demora y para el contenido visión. Referencias: ** indica que hay diferenciase estadísticamente significativas con $p<0,01$.

Los estudiantes del grupo experimental, entonces, utilizan con una probabilidad estadísticamente mayor que el grupo control ($p<0,01$) la idea de la ciencia escolar, en tanto usan con probabilidades estadísticamente menores que éste ($p<0,01$) las ideas intuitivas subyacentes a las categoría I y II.

A su vez, y pese a los efectos que produce el paso del tiempo, sigue siendo significativa la influencia de la variable *categoría* ($F(124,3)=39,61;p<0,0001$) y en tal sentido el test comparativo de Duncan revela que los alumnos del grupo experimental siguen elaborando sus explicaciones en función del modelo de la ciencia, utilizándolo con una probabilidad estadísticamente mayor que los demás ($p<0,01$). Los estudiantes

del grupo control por su parte (donde la variable categoría también presenta un efecto significativo, $F(112,3)=16,16;p<0,0001$) utilizan al igual que en la instancia *pretest*, con análoga probabilidad entre sí (sin diferencias significativas) las ideas subyacentes a las categorías I y II, pero con una probabilidad estadísticamente mayor ($p<0,01$) a con la que utilizan las concepciones involucradas en las categorías III y IV.

En función de lo dicho, podemos entonces concluir que la propuesta didáctica implementada en el grupo experimental, no sólo promovió el desarrollo del modo de conocer de los estudiantes, desde uno intuitivo a otro más coherentes con la de la ciencia, sino que el aprendizaje ha sido tal que los alumnos pueden seguir utilizando los modelos por ella propuestos a lo largo del tiempo y aplicándolos para elaborar sus explicaciones respecto del fenómeno de visión. La propuesta de enseñanza tradicional, en tanto, no habría potenciado un cambio radical en el modo de conocer de los estudiantes ya que ellos, pese a la instrucción y al paso del tiempo, siguen tendiendo a explicar este fenómeno a partir de un modo de conocer intuitivo.

Con el fin de continuar la caracterización del modo de conocer de estos grupos de alumnos analizamos a continuación, de manera análoga a lo realizado hasta aquí, las explicaciones que elaboraron en los distintos momentos de análisis en relación al proceso de percepción del color.

2.2.2 Estudio de la influencia de la instrucción sobre el modo en que los estudiantes conciben el proceso de percepción del color.

En el gráfico 6.22 se presenta la probabilidad con que los alumnos del grupo experimental y el grupo control utilizan las distintas concepciones para elaborar sus explicaciones en relación al fenómeno del color, antes de la instrucción.

El análisis estadístico de estos datos, revela que la interacción *grupo x categoría* no resulta estadísticamente significativa ($F(280,3)=2,5; p=0,06$), lo que implica que los grupos utilizan de igual manera las diversas concepciones al momento de explicar este fenómeno perceptivo.

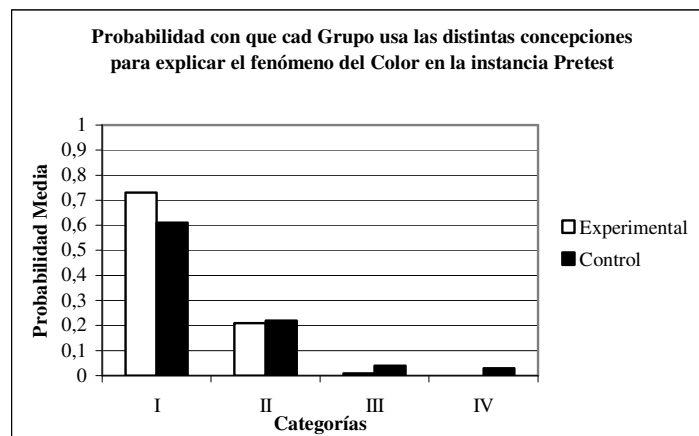


Gráfico 6.22 Probabilidad con que el Grupo Experimental y el Control usan las distintas concepciones para explicar el color, en la instancia pretest y a lo largo del Test de Respuestas Múltiples

Un análisis intragrupo, que permite caracterizar con mayor minuciosidad el modo de conocer compartido por estos grupos, revela que para ambos la variable *categoría* presenta un efecto significativo sobre el tipo de concepción usada por los estudiantes ($F(120,3) = 169,34; p < 0,0001$ para el grupo experimental y $F(160,3) = 90,16; p < 0,0001$ para el grupo control). El test post hoc indica que en ambos casos los alumnos utilizan con mayor probabilidad por sobre las demás concepciones ($p < 0,01$), las ideas que subyacen a la categoría I y que implican concebir que “el color es un propiedad de los objetos” y como tal “se la ve cuando el observador lo mira”

Al igual que lo hallado al estudiar las respuestas de los estudiantes en relación con el proceso de visión, se observa que antes de la instrucción, ambos grupos elaboran sus explicaciones respecto del fenómeno de percepción del color en términos netamente intuitivos. Así, comienzan el proceso de aprendizaje desde un punto **conceptualmente común**: compartiendo un modo de conocer característico del saber cotidiano.

Así por ejemplo alumnos del Grupo Experimental explican:

A7: “la manzana tiene pigmentación roja (está teñida de roja) por lo cual al reflejarla con luz blanca esta se ve roja”

A15: “Podemos ver la manzana roja porque naturalmente es de dicho color y al ser iluminada la podemos distinguir”

Alumnos del grupo Control en tanto explican, por ejemplo:

A6: “la manzana deliciosa tiene un color rojo en su cáscara, entonces aunque pongamos varios focos alrededor suyo, la veremos siempre roja ya que es su color”

A12:” con el foco que la iluminemos, eso no tiene mucha importancia, ya que el ojo puede ver en colores, si la manzana es roja, nosotros la vemos de dicho color”

A16: “vemos la manzana roja porque este es color original y la luz blanca no lo modifica”

Estudiamos entonces a continuación, los efectos que las distintas metodologías de enseñanza producen sobre el modo de conocer inicialmente compartido por los estudiantes. En los gráficos 6.23 y 6.24 se presentan los resultados obtenidos respecto a la manera en que fue cambiando la probabilidad con que los alumnos del grupo experimental y control, respectivamente, utilizaron las distintas concepciones (subyacentes a las cuatro categoría de respuestas previamente definidas) a lo largo del tiempo, para explicar el proceso de **percepción del color**

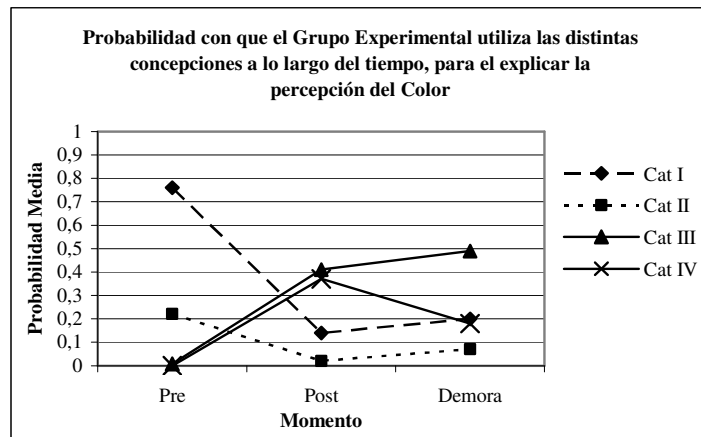


Gráfico 6.23. Probabilidad con que el grupo Experimental usa las distintas concepciones a lo largo del tiempo para explicar el color.

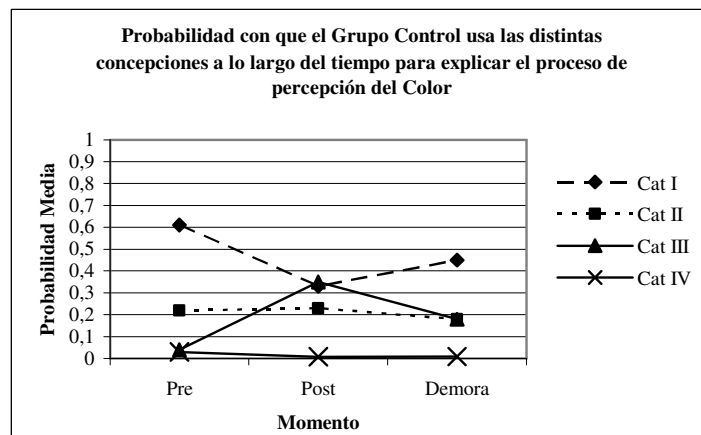


Gráfico 6.24. Probabilidad con que el grupo Control usa las distintas concepciones a lo largo del tiempo para explicar el color.

El análisis cuantitativo de los datos, revela que la interacción *grupo x momento x categoría* resulta estadísticamente significativa para este contenido, ($F(760;6)=14,37;p<0,0001$). Esto implica que existen diferencias en la manera que los grupos utilizan las distintas concepciones en los diversos momentos de análisis.

A su vez las interacción *momento x categoría* resulta significativa en cada grupo ($F(369;6)=41,85; p<0,001$ para el experimental y $F(391;6)=8,69;p<0,001$ para el control) lo que significa que tanto la propuesta de enseñanza innovadora como la tradicional (y el paso del tiempo) han propiciado cambios significativos en la probabilidad con que los estudiantes utilizan las distintas concepciones al explicar el fenómeno de percepción del color .

Los resultados aportados por el test post hoc, que permiten comparar el uso que hacen los alumnos del grupo experimental y control respectivamente, de las distintas concepciones a lo largo del tiempo, se presentan en las tablas 6.21 y 6.22

USOS DE DISTINTAS CONCEPCIONES ANTES Y DESPUÉS DE LA INSTRUCCIÓN											
(Grupo Experimental. Contenido Color. Tarea: elaboración de explicación)											
PRE vs. POST		Pretest				POST vs. DEMORA		Postest			
		I (0,73)	II (0,21)	III (0,01)	IV (0)			I (0,15)	II (0,02)	III (0,41)	IV (0,38)
Postest	I (0,15)	**				Demora	I(0,20)				
	II(0,02)		**				II(0,08)				
	III(0,41)			**			III(0,48)				
	IV(0,38)				**		IV(0,17)			**	

Tabla 6.21 Resultados del test de Duncan para la interacción momento x categoría. Referencias: ** indica que hay diferenciase estadísticamente significativas con $p<0,01$.

USOS DE DISTINTAS CONCEPCIONES ANTES Y DESPUÉS DE LA INSTRUCCIÓN											
(Grupo Control. Contenido Color. Tarea: elaboración de explicación)											
PRE vs. POST		Pretest				POST vs. DEMORA		Postest			
		I (0,61)	II (0,22)	III (0,04)	IV (0,03)			I (0,33)	II (0,23)	III (0,35)	IV (0,01)
Postest	I (0,39)	**				Demora	I(0,45)				
	II(0,23)						II(0,18)				
	III(0,35)			**			III(0,18)		**		
	IV(0,01)						IV(0,01)				

Tabla 6.22 Resultados del test de Duncan para la interacción momento x categoría. Referencias: ** indica que hay diferenciase estadísticamente significativas con $p<0,01$.

Se puede observar al analizar los resultados entre las instancia pre y postest, que tanto la enseñanza innovadora como la tradicional, potencia una disminución significativa ($p < 0,01$) de la probabilidad con que son usadas las ideas netamente intuitivas y un aumento (también significativo, $p < 0,01$) en la probabilidad de que los alumnos elaboren sus explicaciones en términos de los modelos subyacentes a la categoría III. La potencialidad de la propuesta innovadora frente a la tradicional radica en que además propicia la disminución significativa ($p < 0,01$) del uso de las ideas subyacentes a la categoría II (también de naturaleza intuitiva) y un significativo aumento ($p < 0,01$) de la probabilidad de que los estudiantes se basen en el modelo propuesto por la ciencia escolar para explicar el proceso de percepción del color.

Lo dicho trae como consecuencia, que el modo de conocer que comparten los grupos de estudiantes en la instancia postest resulte significativamente diferente, tal como lo indica el resultado del ANOVA realizado al estudiar la interacción *grupo x categoría* ($F(245,3)=20,76; p < 0,0001$).

En el gráfico 6.25 se presenta la probabilidad con que los grupos utilizan las distintas concepciones para explicar el fenómeno del color inmediatamente después de culminada la instrucción. En la tabla 6.23 se presentan los resultados arrojados por el test de Duncan, al respecto.

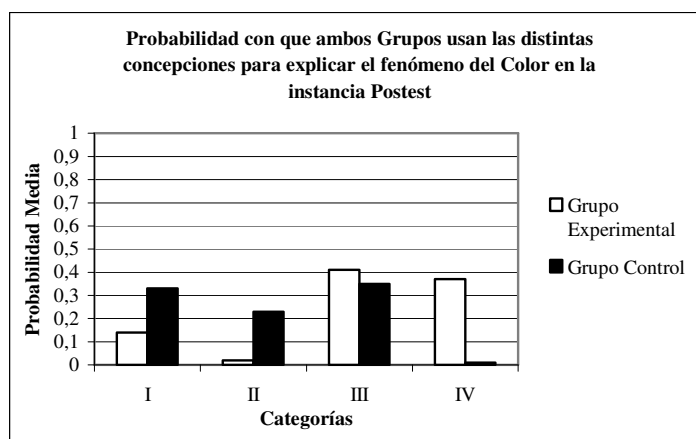


Gráfico 6.25. Probabilidad con que cada grupo usa las distintas concepciones para explicar el color en la instancia postest y a lo largo del Cuestionario

GRUPO EXPERIMENTAL VS CONTROL (Instancia: Postest - Contenido Color – Tarea: elaboración de explicación)		Grupo Experimental			
		Probabilidad con que se Usan las concepciones			
		I (0,15)	II (0,02)	III (0,41)	IV (0,38)
Grupo Control Probabilidad con que se Usan las distintas concepciones	I (0,33)	**			
	II (0,23)		**		
	III (0,35)				
	IV (0,01)				**

Tabla 6.23 Resultados del test de Duncan para la interacción grupo x categoría, en la instancia postest y para el contenido color. Referencias: ** indica que hay diferenciase estadísticamente significativas con $p < 0,01$.

El test pos – hoc revela entonces que el grupo control usa con una probabilidad estadísticamente mayor que el experimental ($p < 0,01$) las concepciones involucradas en las categorías I y II, las cuales son de naturaleza intuitiva. En contrapartida con ello, el grupo experimental utiliza con una probabilidad significativamente mayor que el control las ideas de la ciencia escolar ($p < 0,01$). En tanto en esta tarea, sólo las ideas subyacentes a categoría III (ideas coherentes con las de la ciencia pero incompletas) son utilizadas por ambos grupos sin diferencias estadísticamente significativas.

Un análisis intragrupo advierte que en ambos casos la variable *categoría* influye significativamente sobre el modo en que los alumnos explican el fenómeno del color ($F(125,3) = 16,54; p < 0,0001$, para el grupo experimental y $F(120,3) = 15,70; p < 0,0001$, para el grupo control) Nuevamente lo más significativo aquí es que luego de la instrucción los estudiantes del experimental utilizan con una probabilidad significativamente mayor que las intuitivas ($p < 0,01$) las concepciones subyacentes a las categorías III y IV (aunque no se hayan diferencias significativas en la probabilidad con estas se usan). En el grupo control, en tanto, si bien la mayor probabilidad se da al uso de ideas coherentes con las de la ciencia pero incompletas (subyacentes a la categoría III), dicha probabilidad no difiere estadísticamente de la relativa al uso de las concepciones intuitivas subyacentes a las categorías I y II. La probabilidad con la que se usa la idea de la ciencia escolar es la única que se diferencia estadísticamente del resto ($p < 0,01$) por presentar menor puntuación de probabilidad media. Esto es, los estudiantes del grupo control luego de la instrucción, no tienden a usar un modelo en particular por sobre los demás para explicar el proceso del color sino que utilizan indiscriminadamente ideas intuitivas e ideas producto de la escolarización, que aunque incompletas no resultan incorrectas en el contexto de la ciencia escolar (mantienen el núcleo central de su concepción alternativa e incorporarían como hipótesis ad-hoc las dadas por el

profesor en clase). No obstante, haciendo un análisis global de la situación, se halla que la mayoría de las explicaciones que los alumnos elaboraron se agrupan entre las categorías I y II, que implica explicar el fenómeno en términos intuitivos, concibiéndose que el color es una propiedad de los objetos, que cambia cuando se modifica la luz incidente.

El tiempo, por su parte, vuelve a provocar efectos negativos (ver tabla 6.21 y 6.22) propiciando que disminuya significativamente ($p < 0,01$) la probabilidad de que los estudiantes elaboren sus respuestas en términos de los modelos coherentes con los de la ciencia escolar (los incompletos en el caso del grupo control, y los completos y sistémicos en el caso del experimental). No obstante, las diferencias en la manera en que uno y otro grupo explica el fenómeno del color siguen siendo significativas aún en la instancia demora ($F(235,3) = 17,76; p < 0,0001$).

Nuevamente, tal como lo revelan los resultados del test post hoc (que se presentan en la tabla 6.24) y se puede apreciar en el gráfico 6.26, las ideas coherentes con las de la ciencia, tanto involucradas en la categoría III como las implicadas en la IV son usadas por el grupo experimental con una probabilidad estadísticamente mayor que el control ($p < 0,01$). En tanto las ideas netamente intuitivas subyacentes a la categoría I son usadas en este último grupo con una tendencia estadísticamente mayor ($p < 0,01$) de la que la usa el experimental.

GRUPO EXPERIMENTAL VS CONTROL (Instancia Demora. Contenido Color – Tarea: elaboración de explicación)		Grupo Experimental			
		Probabilidad con que se Usan las concepciones			
		I (0,20)	II (0,08)	III (0,48)	IV (0,17)
Grupo Control Probabilidad con que se Usan las distintas concepciones	I (0,45)	**			
	II (0,18)				
	III (0,18)			**	
	IV (0,01)				**

Tabla 6.24 Resultados del test de Duncan para la interacción grupo x categoría, en la instancia demora y para el contenido color. Referencias: ** indica que hay diferenciase estadísticamente significativas con $p < 0,01$.

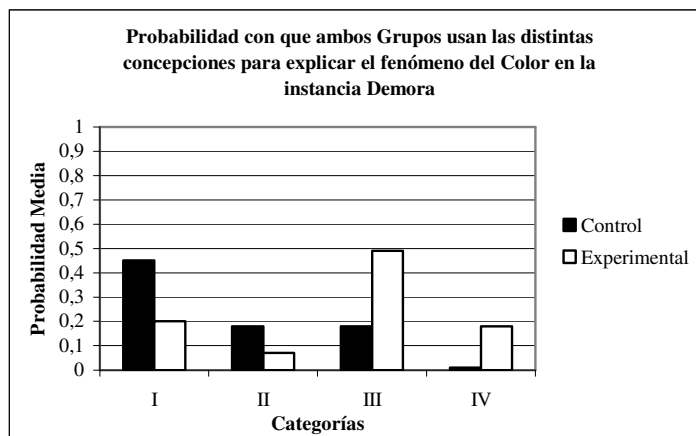


Gráfico 6.26. Probabilidad con que el Grupo Experimental y el Control usan las distintas concepciones para explicar el color, en la instancia demora a lo largo del Cuestionario.

Al hacer un análisis intergrupo, la variable *categoría* vuelve a mostrar efectos significativos en ambos casos ($F(124,3) = 15,02; p < 0,0001$, para el grupo experimental y $F(111,3) = 21,08; p < 0,0001$ para el grupo control). El test pos hoc revela que los alumnos del grupo experimental usan con una probabilidad estadísticamente mayor que las demás ($p < 0,01$) las concepciones subyacentes a la categoría III que implican explicar el fenómeno del color atendiendo exclusivamente a las interacciones que se dan entre la luz y los objetos (las concepciones intuitivas son utilizadas sin diferencia estadísticamente significativa y con una baja probabilidad).

En el grupo control, en cambio, se observa que hay una clara tendencia a explicarlo en términos netamente intuitivos. Esto dado que la idea subyacente a la categoría I se utiliza con una probabilidad estadísticamente mayor ($p < 0,01$) que las demás (situación ésta que no difiere significativamente de la hallada en la instancia pretest).

Hasta aquí hemos podido describir las diferencias que se establecen *entre los grupos* respecto de la manera en que terminaron explicando uno y otro fenómeno perceptivo al momento de elaborar una explicación. Resta entonces realizar el estudio *intragrupo*, que permita concluir sobre cómo influye el *contenido* sobre la probabilidad con que los estudiantes utilizan las distintas concepciones luego de la instrucción.

2.2.3 Estudio de la influencia del contenido sobre el modo en que los estudiantes utilizan las distintas concepciones

Inmediatamente después de la instrucción, el análisis de los datos obtenidos revela que la interacción *contenido x categoría*, resulta estadísticamente significativa tanto para el grupo experimental ($F(248;3)=32,18;p<0,0001$) como en el control ($F(256;3)=21,26; p<0,0001$). Esto significa que existen diferencias en la manera en que los estudiantes terminan explicando los procesos perceptivos.

Analicemos primero la situación hallada en el grupo experimental. En el gráfico 6.27 se presenta comparativamente, la probabilidad con que los estudiantes utilizaron las distintas concepciones para elaborar sus explicaciones respecto del fenómeno de la visión y el del color.

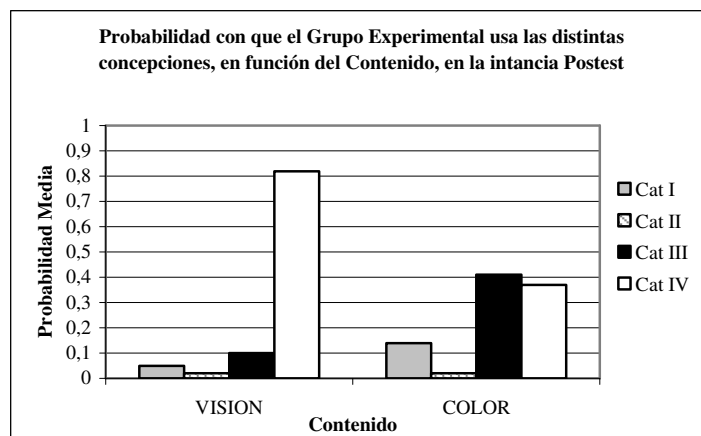


Gráfico 6.27. Probabilidad con que el GRUPO EXPERIMENTAL utiliza las distintas concepciones según el contenido en la instancia POSTEST a lo largo del Cuestionario.

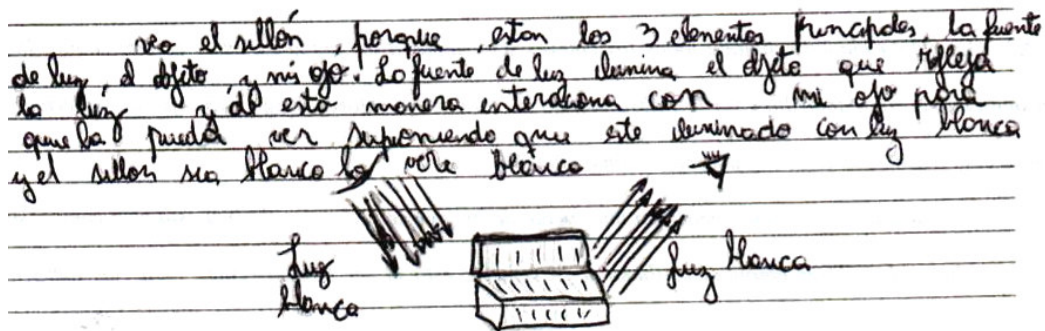
El test post hoc indica que los alumnos usan con una probabilidad estadísticamente superior ($p<0,01$) la idea de la ciencia escolar cuando deben elaborar sus explicaciones respecto del proceso de visión que cuando se enfrentan a problemáticas que involucran la percepción del color. En correlación con ello, para explicar este fenómeno utilizan con una probabilidad estadísticamente mayor ($p<0,01$) las subyacentes a la categoría III (a partir de la cual se atiende sólo a las interacciones entre la luz y los objetos) que cuando deben explicar cómo vemos y por qué vemos como vemos.

Estas diferencias derivan en que (como lo analizábamos con antelación) los estudiantes utilizan con una probabilidad estadísticamente mayor que el resto ($p<0,01$)

el sistémico modelo de la ciencia para explicar el proceso de visión. Pero usan las ideas de la ciencia escolar y las incompletas subyacentes a la categoría III sin diferencias estadísticas entre ellas, para explicar el fenómeno del color (aunque sí se diferencia el uso que hacen de ellas del correspondiente al uso de ideas intuitivas, con $p < 0,01$).

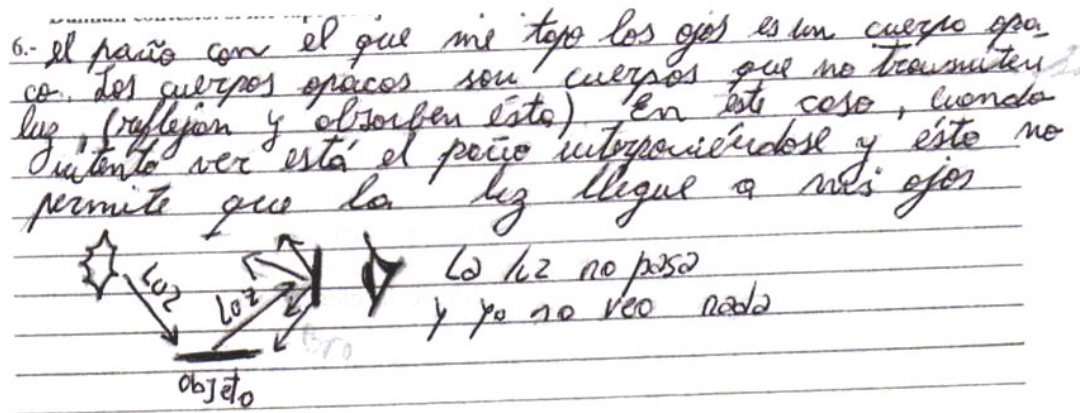
Estos alumnos explican el proceso de visión, activando modos de razonar sistémicos y no reduccionistas, coherentes con lo propuestos desde la ciencia escolar, tal como se puede observar en los siguientes ejemplos:

A3:



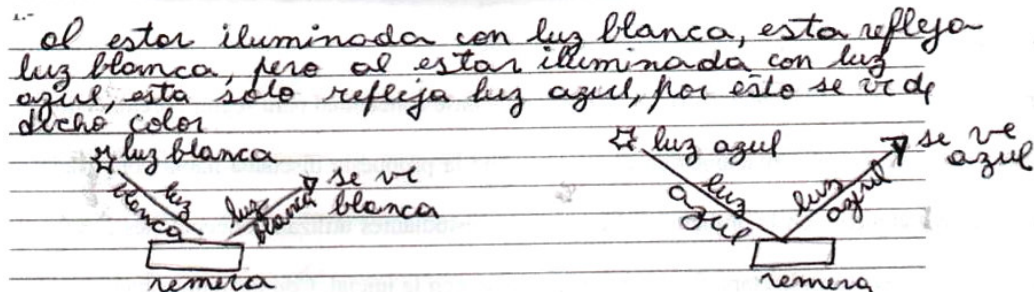
A10: "Al ser la espalda un cuerpo opaco no te veo porque cuando la luz te ilumina reflejas la luz difusamente pero no puede llegar a mis ojos, ya que mi espalda no permite dejar traspasar la luz entonces no llega luz a mis ojos y así no se producen los procesos necesarios para ver, entonces no te veo"

A11: Si apagamos la fuente de luz no vemos porque: "no hay luz que se refleje en los cuerpos y que llegue a nuestros ojos"



Pero en lo que respecta al proceso de percepción del color, explican con igual probabilidad, haciendo uso del modelo incompleto o del sistémico propuesto por la ciencia escolar, tal como se puede observar en los siguientes ejemplos:

A15:



A32: “Al agregar colorante al agua: “la composición de esta cambia entonces se reflejarán y absorberán otros colores al ser iluminado”

A20: “vería amarilla la pelota de voley porque los lentes actúan como cuerpo transparente. La luz ilumina a la pelota, la pelota absorbe y refleja la luz y llega a los anteojos, estos lo que hacen es transmitir luz amarilla (que está compuesta por amarillo, verde y rojo) para que nuestros ojos la perciban de dicho color (amarillo)

A33: “Mi casa estaba iluminada con luz “blanca” entonces la remera se percibía blanca. Entonces en la fiesta (estaba iluminada con luz azul) la remera reflejaba nada mas que azul”.

A7: “La pelota blanca reflejaba todos los colores y al llegar a los anteojos, estos actúan como filtro transmitiendo el rojo, amarillo y verde y absorbiendo el resto de los colores, luego a los ojos de tu hermano llegará esa tres luces y estos la interpretan como amarillo”

A8: “Porque cuando la iluminamos con una fuente de luz que se ve blanca (la luz) esta está compuesta por todas luces de colores entonces al iluminar la remera, esta al ser blanca refleja todas las luces de colores y éstas llegan a nuestro sistema visual y hace que se ponga en funcionamiento y así percibimos la remera de color blanco”

A16: “el color es algo que interpreta nuestro sistema visual a partir de la reflexión y la absorción selectiva de las luces que componen la luz blanca. En otras palabras el color es algo que se “forma” dentro de nuestros ojos, a partir del funcionamiento individual de los conos”.

A23: “La remera blanca [...] solamente es iluminada por luz azul, entonces ya que la luz azul es la única que le llega, ésta la refleja por lo que llega a nuestro sistema visual luz azul y hace que la percibamos de color azul”.

Dado que en ninguna de las categorías mencionadas (III y IV) se distribuyen la mayoría de las respuestas (al contrario de lo que sucede respecto del proceso de visión), se debería asumir, tal como hicimos al analizar las respuestas dadas al Test, que el núcleo conceptual que comparten estos estudiantes (núcleo que subyace a ambas categorías) implica asumir que el color se debe exclusivamente a las características espectrales de la luz reflejada selectivamente por los objetos. En tan sentido, los estudiantes no habrían todavía construido el modelo de la ciencia escolar que implica reconocer al color como un fenómeno de percepción visual

Centrándonos ahora en el grupo control, en el gráfico 6.28 se presenta la probabilidad con los alumnos utilizan las distintas concepciones para explicar los fenómenos perceptivos.

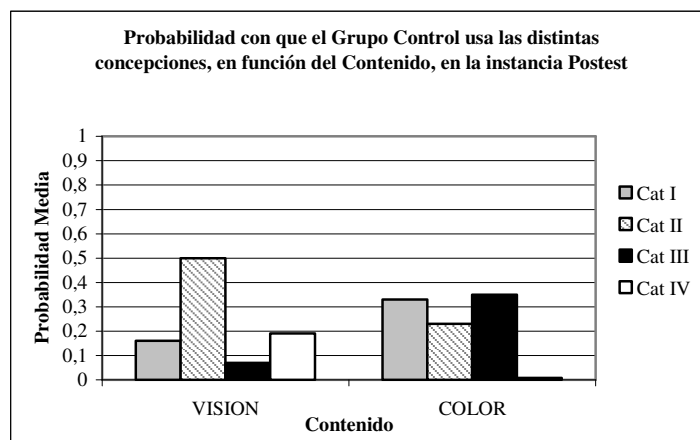


Gráfico 6.28. *Uso de distintas concepciones por parte del Grupo Control, en función del contenido en la instancia Postest a lo largo del cuestionario*

Los resultados del test post hoc, revelan que todas las concepciones son utilizadas con diferencias estadísticamente significativas en uno y otro contenido. Así, las ideas netamente intuitivas (subyacentes a la categoría I) se usa con una probabilidad estadísticamente mayor al momento de explicar el fenómeno del color ($p < 0,01$) que al interpretar el proceso de visión. Las ideas subyacentes a la categoría II, que implica otorgarle una función explícita a la luz en los procesos perceptivos, se usa con mayor probabilidad ($p < 0,01$) al explicar como vemos que cuando se explica cómo y por qué percibimos objetos de distintos colores. El modelo coherente con el de la ciencia pero

incompleto, subyacente a la categoría III, que implica atender exclusivamente a las interacciones que se establecen entre la luz y la materia, se usa con mayor probabilidad al momento de explicar el color ($p < 0,01$) que cuando se elaboran explicaciones respecto del proceso de visión. Finalmente, la idea de la ciencia escolar se usa con una probabilidad estadísticamente menor ($p < 0,01$) cuando se explica el color que cuando los problemas involucran al proceso de visión

Ante este panorama resulta realmente complejo interpretar en qué consisten, esencialmente las diferencias halladas en la manera en que se explican estos fenómenos, porque no hay una tendencia a que ideas intuitivas o de la ciencia, se utilicen más en un contexto que en otro.

Con el fin de comenzar a clarificar esta situación recordemos que en lo que respecta al proceso de visión, los alumnos utilizan las ideas subyacentes a la categoría II con una probabilidad estadísticamente mayor que el resto ($p < 0,01$). Es decir que explican este fenómeno en términos intuitivos a partir del cual no sólo se reconoce que para ver hay que mirar sino que también es necesaria la luz. Así, se le otorga funciones de iluminar el objeto o incidir en los ojos directamente desde la fuente (concepción esta a la vez que incompleta incorrecta)

Así por ejemplo explican:

A5: Si me tapo los ojos no veo porque “ la venda no deja atravesar a la luz y entonces no podré ver lo que ocurre a mi alrededor”

A34: “Para ver, la luz que reflejan los objetos, tienen que llegar a mis ojos y al estar tapados, la luz no puede incidir en ellos”

A4: si apagamos la fuente de luz “a nuestros ojos no llegará nada de luz, ni se reflejaría nada de nuestros ojos para los objetos”

En tanto al proceso de percepción del color, lo explican utilizando con mayor probabilidad (pero sin diferencias entre ellas) las ideas intuitivas (subyacentes a las categorías I y II) y las ideas coherentes con las de la ciencia escolar, pero incompletas (subyacentes a la categoría III).

Así por ejemplo explican:

A1: “Al iluminar la remera con una fuente de luz blanca se va a ver del color que es la remera (blanca)” [...] Al iluminar esta remera con luz azul “esta ya no va a verse blanca sino azul, porque en el espectro electromagnético la luz blanca está constituida por una gran gama de

colores y la remera va a absorber estos colores pero va a dejar pasar (reflejar) el azul y por esto la remera se va a ver azul”[...]”Pero luego el mismo alumno responde: “Algunas personas tienen problemas de daltonismo y ven los objetos de otro color no del color que realmente son”.

A6: La remera se ve blanca porque “la luz que incide sobre ellas es blanca, si sería alumbrada por una luz de color, la veríamos de color”[...] Si iluminamos la remera con luz azul la vemos azul porque “solo es alumbrada por el color azul y absorbe el azul”[...] Luego, ante otro problema responde: si colocamos colorante al agua se ve de otro color porque “le estamos agregando un pigmento, algo que le cambia el color al agua”.

A11: La remera se ve blanca porque “solamente está iluminada con luz blanca, y aparte de todos los colores que absorbe la remera solamente refracta el blanco”[...] Si iluminamos la remera con luz azul la vemos azul porque “de todos lo colores que la iluminaban solamente absorbe la gama del azul”[...] y luego explica: “hay algunas personas La que se llama daltónicos, esas personas no pueden distinguir y ver los colores naturales [...]”.

La diferencia fundamental en la manera en que se explica uno y otro fenómeno, entonces, es que los alumnos parecen compartir más sólidamente un modelo explicativo respecto de la visión (el intuitivo) pero no uno en relación al proceso de percepción del color, ya que elaboran sus explicaciones basándose alternativamente en modelos antagónicos. No obstante hay que destacar que los alumnos habrían alcanzaron, al utilizar la idea subyacente en la categoría III, a reconocer los complejos procesos físicos que suceden cuando la radiación interacciona con la materia.

En la instancia demora, siguen siendo significativa la interacción *contenido x categoría* tanto en el grupo experimental ($F(248;3)= 32,56$ $p<0,0001$) como en el control ($F(224;3)=9,68$; $p<0,0001$). Analicemos entonces las diferencias que en uno y otro grupo se establecen en la manera en que se explican los fenómenos perceptivos.

En el gráfico 6.29 se presentan los resultados hallados en el grupo experimental

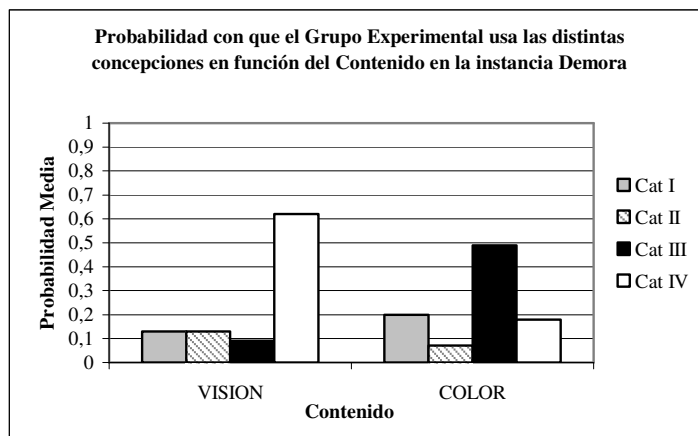


Gráfico 6.29: *Uso que hace el Grupo Experimental de las distintas concepciones en función del contenido a lo largo del Cuestionario.*

El test post hoc revela que mientras las concepciones intuitivas se usan sin diferencia estadísticamente significativa en ambos contenidos (y de hecho se las usa con una probabilidad relativamente baja) la idea de la ciencia escolar es utilizada con una probabilidad significativamente mayor ($p < 0,01$) al explicar el proceso de visión que al explicar el proceso de percepción del color. En tanto la concepción que atiende, a partir de modelos abstractos, sólo a la interacción que se produce entre la luz y los objetos, se utiliza con una probabilidad estadísticamente mayor ($p < 0,01$) cuando se elaboran explicaciones respecto a cómo y por qué percibimos objetos de distintos colores, que al momento de explicar cómo y por qué vemos como vemos los objetos (las ideas intuitivas se usan sin diferencias significativas en estos contextos).

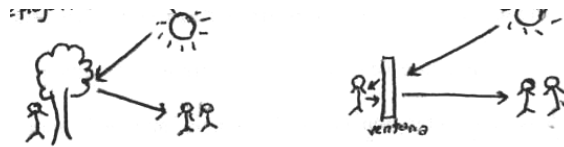
Esto trae como consecuencia, y tal como lo analizamos con antelación, que al momento de elaborar sus explicaciones respecto del proceso de visión, los alumnos utilizan las ideas de la ciencia con una probabilidad estadísticamente mayor que las demás ($p < 0,01$). Pero para explicar el fenómeno del color, es la idea subyacente a la categoría III la que se utiliza con una probabilidad significativamente mayor que el resto ($p < 0,01$). Así, resulta claro el hecho de que los estudiantes se basan en modelos menos complejos que los propuestos por la ciencia para explicar cómo y por qué percibimos objetos de distintos colores; modelos éstos que si bien no resultan incorrectos, sí son incompletos en el contexto de la ciencia escolar.

Así se puede observar en los siguientes ejemplos, donde los estudiantes explican el proceso de visión primero, y el de percepción del color en segundo término, haciendo uso de las concepciones que el grupo utilizó con mayor probabilidad:

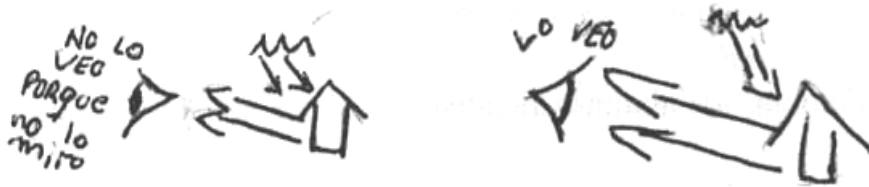
A4: “La fuente de luz ilumina el objeto, en este caso la profesora, y como tiene superficies irregulares ocurre una reflexión difusa y también porque la profesora es un cuerpo opaco. Esa reflexión llega a nuestros ojos donde ocurre nuestro proceso de visión y veo a la profesora”

A23: “La mamá no puede ver el hijo ya que no le llega la suficiente luz para que lo ilumine y éste refleje parte de esa luz y llegue al sistema visual de la madre. El hijo la puede ver a la madre porque ésta está iluminada y refleja parte de la luz y llega a los ojos del niño”

A8: “Cuando un niño se esconde detrás de un árbol sus compañeros no lo ven porque cuando la luz incide en el árbol, el cual es un cuerpo opaco, no puede traspasar para que llegue al niño, entonces el árbol absorbe parte de la luz y parte la refleja hacia los ojos de los compañeros así ven solamente el árbol. Pero, en cambio si el niño estuviese detrás de una ventana sí lo verían porque, al ser la ventana un cuerpo transparente la luz que llega puede traspasar y llegar al niño, así parte la reflejaría hacia los ojos y así pudieran ver al niño”.



A12: “Los objetos están constantemente reflejando pero hay que mirarlos para que esa reflexión llegue a nuestros ojos”



A21: “Un objeto que se ve blanco cuando se lo ilumina con luz blanca, se ve azul al iluminarlo con luz azul porque el objeto tiene la capacidad de reflejar todos los colores (se ve blanco) al iluminarlo con luz blanca, entonces al ser iluminado con luz azul solamente, puede reflejar y verse de ese color”

A20: “La repostera para hacer la cancha de fútbol mezcla los colorantes azul y amarillo y se ve verde porque el azul refleja azul y verde, y el amarillo refleja el verde. Por eso se ve verde por la combinación de las luces”

A18: “Vemos objetos de distintos colores porque al iluminarlo con un foco común la vela y el limón reflejan y absorben diferente haciendo que el ojo humano los vea de esos colores”.

La situación hallada en el grupo control, como ya habíamos adelantado, resulta esencialmente diferente a la descrita en el experimental. Los resultados obtenidos en relación al uso que estos alumnos hacen de las distintas concepciones para explicar uno y otro fenómeno se presentan en el gráfico 6.30

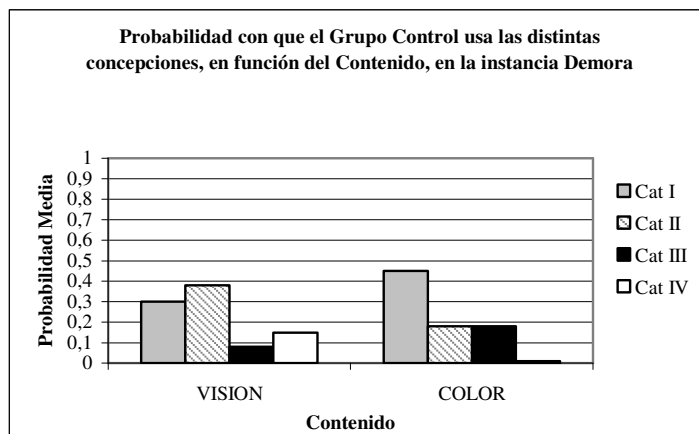


Gráfico 6.30: *Uso que hace el Grupo Control de las distintas concepciones en función del contenido, en la instancia demora a lo largo del cuestionario.*

El test post hoc para la interacción *contenido x categoría* revela que cuando los estudiantes deben explicar el proceso de percepción del color utilizan con mayor probabilidad ($p < 0,05$) las ideas netamente intuitivas, (que involucran modo de razonar esencialmente monovariados) que cuando deben explicar el proceso de visión. En tanto en este contexto, tienden a usar en mayor medida que en aquel ($p < 0,01$) ideas que si bien no son menos intuitivas, sí son más complejas, dado que se atiende a dos de las tres variables (el ojo y la luz) y se las relaciona a partir de causalidades lineales simples.

Finalmente, las ideas de la ciencia escolar también se usan con probabilidades estadísticamente diferentes ($p < 0,01$) en uno y otro contexto. Pero, al igual que en la instancia posttest, la diferencia radica más que en el hecho de que estas ideas se utilizan en mayor medida para explicar la visión, en el hecho de que cuando se debe explicar el proceso de percepción del color, la probabilidad con que se la usa resulta prácticamente nula.

No obstante, y tal como lo analizábamos anteriormente, los estudiantes utilizan con una probabilidad estadísticamente mayor que las de la ciencia ($p < 0,01$), las concepciones intuitivas (subyacentes a las categorías I y/o II) para explicar ambos

fenómenos. El paso del tiempo, entonces, deja en evidencia que en realidad la enseñanza propiciada no causó cambios radicales en el modo de conocer de los estudiantes quienes utilizan para explicar el proceso de visión (al igual que antes de la instrucción) con análoga probabilidad, las ideas que implican asumir que “vemos porque miramos” y vemos porque “la luz debe iluminar el objeto y el observador lo mira”. En tanto para explicar el color utiliza se utiliza con una probabilidad estadísticamente mayor que las demás ($p < 0,01$) las ideas netamente intuitivas subyacentes a la categoría I. Esta situación que difiere de la hallada en la instancia posttest no difiere de la encontrada en la pretest.

Así, los estudiantes del grupo control explican en la instancia demora al proceso de visión de la siguiente manera:

A15: “Yo veo la profesora porque la luz es la que me va ha permitir ver, o sea a la luz es que la veo”

A5” Si se para detrás del árbol el chico no será visto ya que se escondió detrás de un objeto opaco por el cual no pasa la luz, lo contrario del vidrio”

A1: “Cuando la mamá entre a la habitación, también entran rayo de luz que hacen que la mamá se vea iluminada pero el hijo no tiene rayos de luz sobre él que permitan verlo iluminado entonces la madre no puede verlo”

A10: “Para ver hay que mirar porque el ojo capta al objeto que quiere si éste está iluminado”

En tanto respecto del fenómeno de percepción del color, explican:

A2: “Si se mezclan los pigmentos, se ve verde porque los pigmentos del amarillo y el azul se mezclan y tienen la propiedad de quedar verdes”

A5: Los objetos se ven de distinto color “debido a su pigmentación”

A17: “Al unir pigmentos de ve de distinto color, porque los colores se mezclan y después se forma el verde”

Los alumnos del grupo control, entonces, tienden a elaborar sus explicaciones en relación a ambos fenómenos, en términos de modelos intuitivos, construidos en base al sentido común. Situación ésta que no difiere de la hallada antes de la instrucción.

2.2.4 Análisis de resultados

En función de los resultados obtenidos podemos extraer las siguientes conclusiones respecto del modo de conocer que los estudiantes activan al momento de elaborar sus propias explicaciones, y sobre la potencialidad de las distintas metodologías de enseñanza para propiciar el aprendizaje del saber de la ciencia.

Antes de implementada la propuesta didáctica los alumnos de ambos grupos tendían a explicar cómo vemos y por qué vemos como vemos, así como también cómo y por qué percibimos objetos de distintos colores, a partir de ideas intuitivas. A ese modo de conocer compartido lo hemos caracterizado por principios ontológicos, conceptuales y epistemológicos de estado, hecho o dato y realismo ingenuo. En base a él los estudiantes activan razonamientos no sistémicos sino reduccionistas y monovariados, basándose en un saber construido cotidianamente, a partir de la información otorgada principalmente por sus sentidos. Así explican que “vemos porque tenemos ojos” (y en el mejor de los casos reconociendo también que la luz debe iluminar el objeto para poder verlo) y que “el color es una propiedad de los objetos”.

La instrucción implementada en ambos grupos, en relación con el proceso de visión potenció cambios esencialmente diferentes. Mientras que la propuesta de enseñanza innovadora propició la disminución del uso de ideas intuitivas y el aumento de la probabilidad a que se usen las de la ciencia escolar, la tradicional sólo favoreció la disminución de la tendencia a que los estudiantes elaboren sus respuestas en términos de las ideas subyacentes a la categoría I. Esto trajo como consecuencia que los grupos de alumnos culminaran explicando de manera diferente el proceso de visión. En tal sentido, los estudiantes con quienes se implementó la propuesta didáctica diseñada en esta Tesis, elaboraron sus explicaciones en términos de las ideas de la ciencia escolar, siendo el modo de razonar activado plurivariado (en tanto se reconocen los tres elementos involucrados) y sistémico (en tanto se interpreta la función de cada uno en términos de interacciones múltiples). Al conocimiento compartido por ellos en esta instancia lo hemos caracterizado por principios ontológicos y conceptuales de interacción y sistema, en un proceso de superación del principio epistemológico de realismo ingenuo que caracteriza al saber intuitivo.

La instrucción tradicional implementada con los alumnos del grupo control, en tanto, no habría conllevado a la construcción significativa de modelos coherentes con los de la ciencia, y en relación a ello no habría propiciado un cambio en el modo de

conocer inicialmente compartido por los estudiantes. De hecho, después de la instrucción y al igual que en la instancia pretest, los alumnos explicaron el proceso de visión, a partir de un razonamiento reduccionista basado en causalidades lineales simples, concibiendo que vemos porque “la luz ilumina el objeto y el observador lo mira”.

Respecto del proceso de percepción del color, la propuesta innovadora propicia nuevamente la disminución en la probabilidad del uso de ideas intuitivas y el aumento de la tendencia a usar ideas coherentes con las de la ciencia. Pero dado que los estudiantes terminan usando las concepciones involucradas en las categorías III y IV con igual probabilidad, se considera que no habrían construido todavía la noción de que el color es un fenómeno de percepción visual, sino que lo concebirían como consecuencia de las características de la luz reflejada o transmitida selectivamente por los objetos. No obstante consideramos que habrían experimentado un cambio sustancial en su modo de conocer ya que pasaron de concebir este fenómeno en términos de ideas intuitivas a explicarlo a partir de razonamientos plurivariados y no reduccionistas basándose en modelos abstractos. Esto dado que luego de la instrucción, utilizan principalmente concepciones que pueden caracterizarse por principios de causalidades lineales múltiples y procesos más propios del saber de la ciencia escolar que de uno intuitivo.

La enseñanza tradicional, por su parte, propició también la disminución de la probabilidad con que se usaron las ideas netamente intuitivas y el aumento en la probabilidad a utilizar ideas que aunque incompletas, resultan correctas en el contexto de la ciencia escolar (categoría III). Pero estos cambios no conllevaron a que los estudiantes explicasen el fenómeno del color en términos coherentes con los modelos propuesto por ella. En contrapartida, ideas intuitivas y escolarizadas, subyacentes a la categoría III, fueron utilizadas por estos alumnos sin diferencias significativas. A su vez, y dado que la mayoría de las respuestas se agruparon entre las categorías que contemplan modelos intuitivos (categorías I y II), se puede concluir que el razonamiento que principalmente activan es no sistémicos ni plurivariados, sino monovariados y reduccionistas.

El paso del tiempo, por su parte, potenció el hecho de que los alumnos del grupo control vuelvan a explicar ambos procesos de percepción visual en términos análogos a los que lo hicieron antes de comenzado el proceso de enseñanza. En tal sentido, tres

meses después de culminada la instrucción, los alumnos vuelven a utilizar por sobre las demás, la idea intuitiva para explicar la visión y el color. Esto conlleva a que caractericemos al modo de conocer que los estudiantes utilizaron para explicar ambos fenómenos de percepción visual, antes y después de la instrucción, a partir de principios ontológicos, epistemológicos y conceptuales de estado, realismo ingenuo y hecho o dato. Motivo por el cual se concluye que este tipo de enseñanza no promovería un cambio radical en el modo de conocer de los alumnos, inherente a los principios ontológicos, conceptuales y epistemológicos subyacentes que a él subyacen (esto dado que antes y después de la instrucción, los alumnos tienden a utilizar un conocimiento intuitivo, construido en base al sentido común y la experiencia cotidiana).

El transcurrir del tiempo no afectó a la manera en que el grupo experimental explicó el proceso de visión (en comparación con la instancia posttest) ya que aún en la instancia demora siguieron elaborando las explicaciones en términos de la ciencia escolar. Así, no sólo fueron capaces de utilizar estas ideas en el momento de elegir una respuestas (tal como lo vimos cuando analizamos los resultados del Test de Respuestas Múltiples) sino que también que logran aplicarlas en múltiples contextos para elaborar sus propias explicaciones, aspecto éste también crucial para poder concluir acerca de que el aprendizaje experimentado por estos estudiantes fue realmente significativo (en la próxima sección se analiza con mayor detenimiento este hecho).

Sí influyó el tiempo en lo que respecta al modelo que usaron para explicar el color. En tal sentido en la instancia demora se observó una disminución de la probabilidad con que se usa la idea de la ciencia escolar y entonces los estudiantes explicaron este fenómeno en términos de un modelo que aunque resulta coherente con lo que esta propone, también resulta incompleto. En la instancia posttest observamos que los alumnos utilizaron con igual probabilidad las ideas de la ciencia escolar (categoría IV) y las otras coherentes con éstas pero incompletas, subyacentes a la categoría III (situación que hallábamos también al estudiar las respuestas que eligieron los alumnos en el Test). Atendiendo a este hecho asumíamos que los estudiantes no habrían construido el modelo de la ciencia, sino que compartiría el núcleo conceptual (que subyace a ambas categorías de respuestas) que implica explicar que “vemos una manzana roja, por ejemplo, porque ésta refleja la luz roja y absorbe el resto de las radiaciones que componen a la luz blanca incidente”. Los datos hallados en la instancia demora corroboran estas premisas, ya que observamos que la probabilidad a que los alumnos

utilicen la idea de la ciencia escolar para elaborar sus explicaciones, luego de transcurrido un tiempo desde la culminación del proceso de enseñanza es baja. Por el contrario, es marcadamente superior la probabilidad de que este grupo explique el proceso de percepción del color justamente en términos de la categoría III y con ello usando concepciones basadas en principios ontológicos y conceptuales de proceso y causalidad lineal múltiple. Si bien la concepción compartida no es la de la ciencia escolar, se diferencia contundentemente del conocimiento intuitivo (por lo principios subyacentes y modos de razonar asociados) motivo por el cual podemos concluir que la propuesta didáctica también ha propiciado un cambio importante en el modo en que los alumnos interpretan este proceso perceptivo (aunque no tan radical como lo fue en relación al proceso de visión). Se debería entonces seguir abordando en clase de ciencia este fenómeno a fin de ayudar a los alumnos a que continúen la construcción paulatina del modo de conocer de la ciencia que han comenzado a experimentar, basándose para ello en el modelo compartido hasta el momento respecto del color y también en el relativo al proceso de visión, que como vimos, sí resulta ser el de la ciencia escolar.

Como ya lo hemos discutido con antelación, se entiende en esta Tesis que el aprendizaje de las ciencias no implica “sólo” la construcción de un conocimiento coherente con el de la ciencia escolar, sino también el desarrollo de la habilidad de aplicar con consistencia y coherencia argumentativa, los modelos compartido, para elaborar explicaciones.

Propiciar un aprendizaje con estas características fue uno de los objetivos de la propuesta diseñada. Para evaluar su potencialidad para alcanzarlo, analizamos a continuación cómo influyó el tipo de tarea (elegir o elaborar una explicación) sobre la manera en que los grupos de alumnos utilizaron las distintas concepciones para explicar los procesos de visión y percepción del color.

2.3. ¿EN QUÉ SE DIFERENCIA EL MODO DE CONOCER QUE UTILIZAN LOS ALUMNOS ANTE TAREAS QUE IMPLIQUEN ELEGIR Y ELABORAR UNA EXPLICACIÓN RESPECTO DE LOS FENÓMENOS DE PERCEPCIÓN VISUAL?

Antes de la instrucción, la interacción *tarea x contenido x categoría de respuesta* resultó significativo tanto para el grupo experimental ($F(484;3)=6,57$; $p=0,0002$) como para el grupo control ($F(624;3)=11,13$; $p<0,0001$). Esto implica que la manera en que se utilizaron las distintas concepciones para explicar los fenómenos perceptivos, depende de la tarea a la que los estudiantes se enfrentaron.

Respecto al grupo experimental, en los gráficos 6.31 y 6.32 se pueden observar las cómo influye la tarea sobre la manera en que explican la visión y la percepción del color

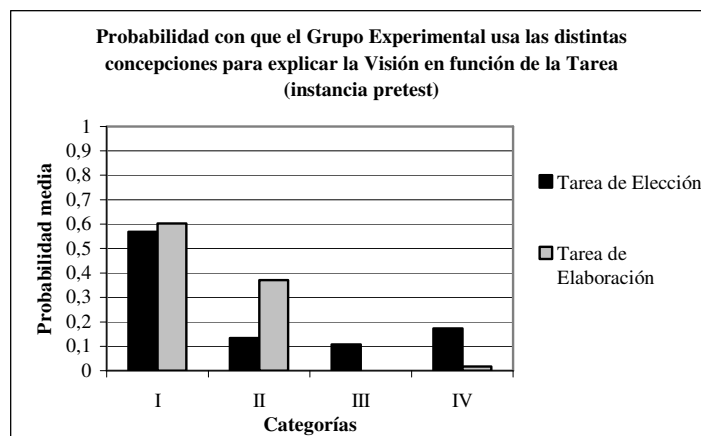


Gráfico 6.31. *Uso de distintas concepciones según la tarea, en el contenido visión*

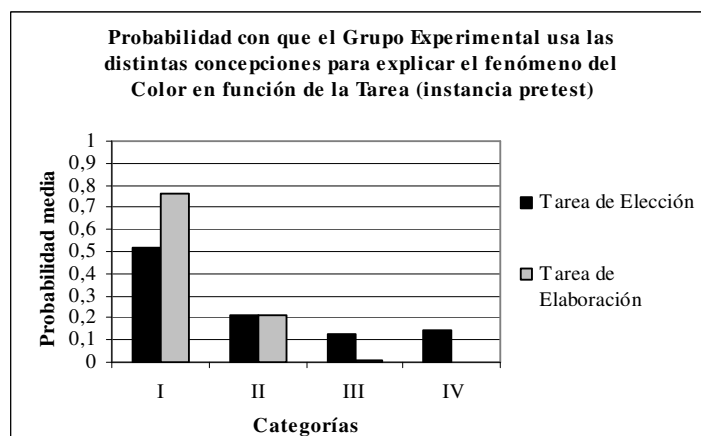


Gráfico 6.32. *Uso de distintas concepciones según la tarea, en el contenido color*

Para ambos contenidos, la interacción *tarea x categoría* resulta estadísticamente significativa ($F(236;3)=15,46$; $p<0,0001$ para visión y $F(236;3)=28,05$; $p<0,0001$, para color) lo que implica que el tipo de tarea al que los estudiantes se enfrenten, influye en el tipo de concepción que utilizan para explicar uno y otro fenómeno perceptivo. Los resultados del test de Duncan al respecto se presentan en la tabla 6.25

USOS DE DISTINTAS CONCEPCIONES en función del CONTENIDO y la TAREA (Grupo Experimental. Instancia: pretest)											
Elegir vs. Elaborar VISIÓN		Elección de explicación				Elegir vs. Elaborar COLOR		Elección de explicación			
		I (0,57)	II (0,13)	III (0,11)	IV (0,17)			I (0,51)	II (0,21)	III (0,13)	IV (0,15)
Elaboración	I (0,60)					Elaboración	I(0,73)	**			
	II(0,33)		**				II(0,21)				
	III(0,0)			**			III(0,01)		**		
	IV(0,02)				**		IV(0,0)			**	

Tabla 6.25 Resultados del test de Duncan para la interacción *tarea x categoría*. Referencias: ** indica que hay diferenciase estadísticamente significativas con $p<0,01$.

Estos resultados revelan que tanto las ideas subyacentes a las categorías III como a la IV (que involucran modelos coherentes con los de la ciencia) se usan con una probabilidad estadísticamente mayor ($p<0,01$) cuando los alumnos tienen la posibilidad de elegir una respuestas que cuando deben ser ellos quienes elaboran una explicación. En contrapartida, ante las problemáticas propuestas en el cuestionario los alumnos tienden a usar con una probabilidad estadísticamente mayor ($p<0,01$) las concepciones intuitivas (subyacentes la categoría II en el caso del proceso de visión y a la I en el caso del color).

En relación al grupo control, los resultados obtenidos respecto de la influencia de la tarea para explicar la visión y los colores se presentan en los gráficos 6.33 y 6.34.

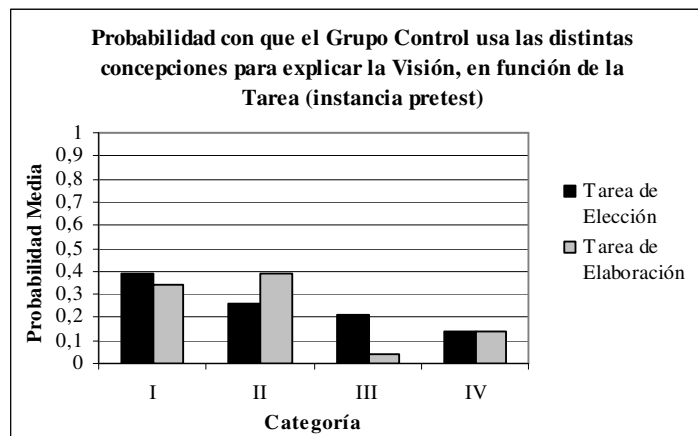


Gráfico 6.33. *Uso de distintas concepciones según la tarea, en el contenido visión*

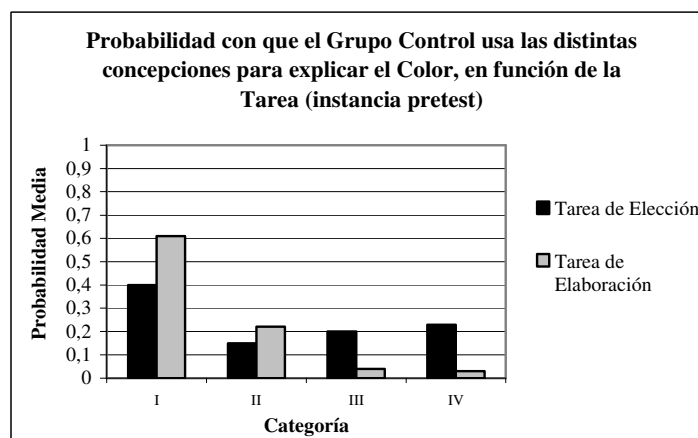


Gráfico 6.34. *Uso de distintas concepciones según la tarea, en el contenido visión*

También en este caso la interacción *tarea x categoría* resulta significativa para ambos contenidos ($F(312;3)=8,50$; $p<0,0001$ para visión y $F(312;3)=32,27$; $p<0,0001$, para color). Los resultados arrojados por el test post-hoc al respecto (que se presentan en la tabla 6.26) revelan que para el caso del proceso de visión, la única concepción utilizada con diferencias estadísticamente significativa ($p<0,01$) es la subyacente a la categoría III, la cual se usa con mayor probabilidad en el test que en el cuestionario.

Respecto al proceso de percepción del color, en el cuestionario se usa la idea netamente intuitiva con una probabilidad estadísticamente mayor que en el test ($p<0,01$). En contrapartida con ello, tanto la concepción subyacente a la categoría III como la idea de la ciencia escolar, se usan en mayor medida ($p<0,01$) al momento de elegir una respuesta que cuando la tarea implica elaborar una explicación.

USOS DE DISTINTAS CONCEPCIONES en función del CONTENIDO y la TAREA (Grupo Control.. Instancia: pretest)											
Elegir vs. Elaborar VISIÓN		Elección de explicación				Elegir vs. Elaborar COLOR		Elección de explicación			
		I (0,39)	II (0,26)	III (0,21)	IV (0,14)			I (0,40)	II (0,16)	III (0,20)	IV (0,23)
Elaboración	I(0,34)					Elaboración	I(0,61)	**			
	II(0,39)						II(0,22)				
	III(0,04)			**			III(0,04)			**	
	IV(0,14)						IV(0,03)				**

Tabla 6.26 Resultados del test de Duncan para la interacción tarea x categoría. Referencias: ** indica que hay diferenciase estadísticamente significativas con $p < 0,01$.

Es decir, en ambos grupos, y centrando nuestra atención en el uso que hacen de las ideas de la ciencia escolar, y de aquellas que aunque incompletas, resultan coherentes con ellas, podemos observar que tienen mayor *posibilidad de elegirla que de utilizarla* (recordemos, que en ningún caso la tendencia es explicar los fenómenos perceptivos en función de dichas concepciones).

La instrucción, como decíamos, debería propiciar no sólo la construcción del modelo de la ciencia escolar, sino también el desarrollo de la habilidad de aplicarlo favoreciendo que su uso no dependa del contexto, en este caso del tipo de tarea.

Para evaluar la potencialidad de las distintas metodologías de enseñanza al respecto, estudiamos, en primera instancia para el momento **postest**, cómo influye la tarea en sobre el tipo de concepciones que en cada grupo se utilizan con mayor probabilidad.

El ANOVA realizado indica que la interacción *tarea x contenido x categoría* sigue siendo significativa luego de la instrucción, tanto para el grupo experimental ($F(496;3)=6,52$; $p=0,0002$) como para el control ($F(536;3)=11,06$; $p < 0,0001$) y por lo tanto la manera en que se explican los distintos fenómenos, sigue dependiendo de la tarea a la que los alumnos se enfrenten.

Comencemos nuevamente analizando la situación hallada en el grupo experimental. En los gráficos 6.34 y 6.35 se presentan comparativamente, cómo fueron utilizadas por estos estudiantes las distintas concepciones para explicar el proceso de visión y el de percepción del color, en función de la tarea.

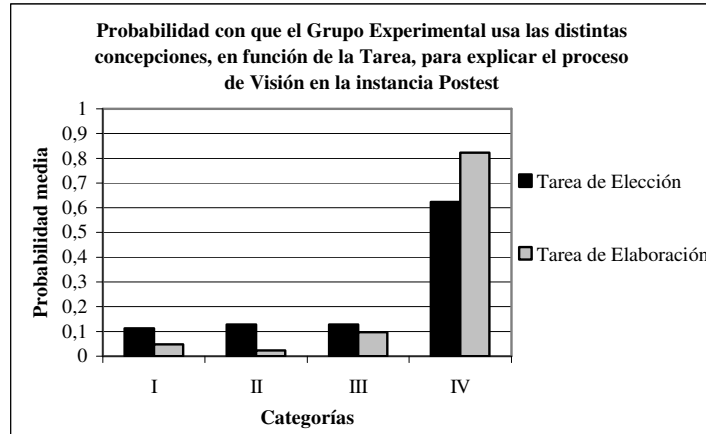


Gráfico 6.34. Probabilidad con que el Grupo Experimental usa las distintas concepciones en la instancia postest, para el explicar la visión en función de la tarea

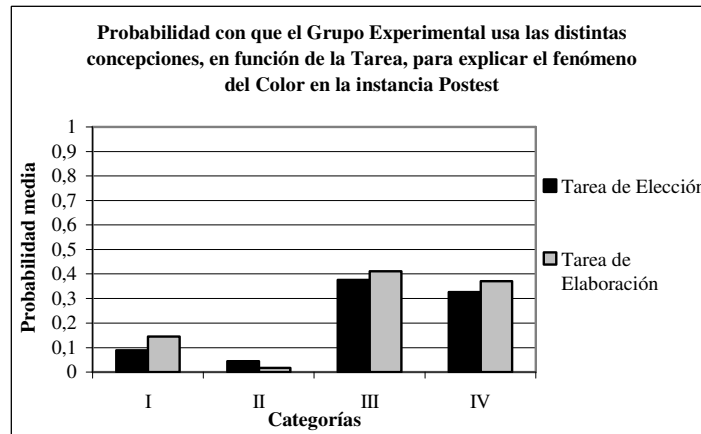


Gráfico 6.35. Probabilidad con que el Grupo Experimental usa las distintas concepciones en la instancia postest, para el explicar el color en función de la tarea

En este caso, la interacción *tarea x categoría* resulta significativa para el contenido visión ($F(247;3)=15,27$; $p<0,0001$) pero no para el contenido color ($F(249;3)=0,68$; $p=0,6$). Los datos arrojados por el test de Duncan al respecto se presentan en la tabla 6.27.

USOS DE DISTINTAS CONCEPCIONES en función del CONTENIDO y la TAREA (Grupo Experimental.. Instancia: postest)											
Elegir vs. Elaborar VISIÓN		Elección de explicación				Elegir vs. Elaborar COLOR		Elección de explicación			
		I (0,11)	II (0,13)	III (0,13)	IV (0,63)			I (0,10)	II (0,04)	III (0,37)	IV (0,32)
Elaboración	I (0,05)	*				Elaboración	I(0,15)				
	II(0,02)		**				II(0,02)				
	III(0,10)						III(0,41)				
	IV(0,83)				**		IV(0,38)				

Tabla 6.27 Resultados del test de Duncan para la interacción tarea x categoría. Referencias: el * y ** indica que hay diferenciase estadísticamente significativas con $p < 0,05$ y $p < 0,01$, respectivamente.

En relación al proceso de percepción del color, entonces, todas y cada una de las concepciones subyacentes a las distintas categorías de respuesta, se utilizan sin diferencias significativas entre una y otra tarea. Esto es, el tipo de conocimiento que aplican los alumnos para explicar este proceso perceptivo no depende de que tengan que elegir o elaborar una explicación. En ambos casos, los estudiantes utilizan con mayor probabilidad las ideas subyacentes a las categorías III y IV (sin existir diferencias significativas en la probabilidad con la que se las usa). A su vez, en ambos contextos, es baja la probabilidad con que se usan las ideas intuitivas.

Respecto al proceso de visión, en cambio, el test post hoc indica que sólo la idea de subyacente a la categoría III se usa con igual probabilidad en ambas tareas (y con una probabilidad baja por cierto). Luego, las ideas intuitivas involucradas en las categorías I y II se utilizan en mayor medida en el Test que en el cuestionario (con $p < 0,05$ y $p < 0,001$ respectivamente), en tanto la concepción de la ciencia escolar se usa con mayor probabilidad en éste último instrumento ($p < 0,01$).

En el grupo control, la interacción *tarea x categoría* resulta significativa tanto para el contenido visión ($F(276;3)=16,76$; $p < 0,0001$), como para el contenido color ($F(276;3)=4,60$ $p=0,004$), lo que significa que los estudiantes utilizan de manera diferentes las distintas concepciones en función de la tarea a la que se enfrenten tanto para explicar cómo vemos, como para explicar cómo y por qué vemos objetos de distintos colores.

En el gráfico 6.36 se presenta la probabilidad media con que se usan las distintas categorías de respuestas para explicar el proceso de visión en ambas tareas, y en la 5.37 aparecen los resultados obtenidos respecto del proceso de percepción del color.

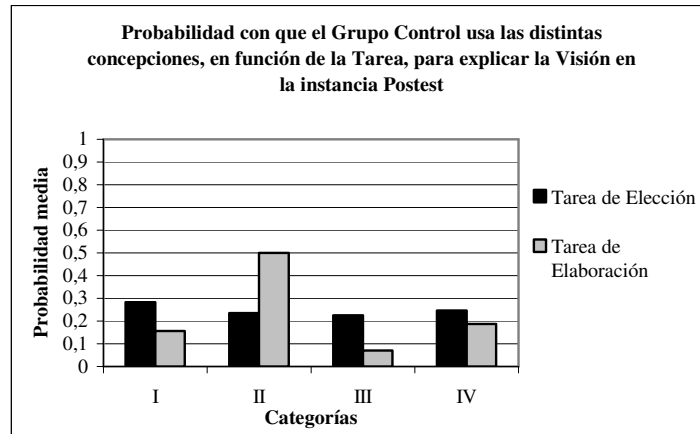


Gráfico 6.36. Probabilidad con el Grupo Control usa las distintas concepciones en función de la tarea en la instancia posttest y para explicar el proceso de visión

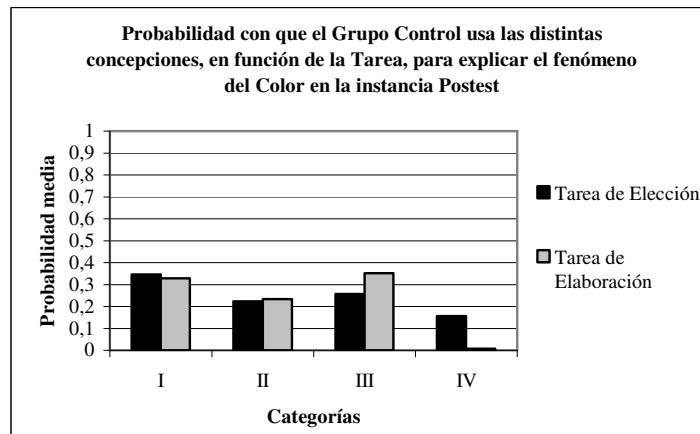


Gráfico 6.37. Probabilidad con el Grupo Control usa las distintas concepciones en función de la tarea en la instancia posttest y para explicar el fenómeno del color

Los resultados del test de Duncan respecto de la interacción *tarea x contenido* se presentan en la tabla 6.28

USOS DE DISTINTAS CONCEPCIONES en función del CONTENIDO y la TAREA (Grupo Control.. Instancia: postest)											
Elegir vs. Elaborar VISIÓN		Elección de explicación				Elegir vs. Elaborar COLOR		Elección de explicación			
		I (0,28)	II (0,24)	III (0,22)	IV (0,25)			I (0,33)	II (0,23)	III (0,26)	IV (0,16)
Elaboración	I (0,16)	**				Elaboración	I(0,33)				
	II(0,50)		**				II(0,23)				
	III(0,07)			**			III(0,35)				
	IV(0,19)				*		IV(0,01)			**	

Tabla 6.28 Resultados del test de Duncan para la interacción tarea x categoría. Referencias: ** indica que hay diferenciase estadísticamente significativas con $p < 0,01$.

Estos resultados permiten concluir que en relación al proceso de visión, la idea netamente intuitiva se usa con mayor probabilidad ($p < 0,01$) en el test que en el cuestionario. En tanto la concepción subyacente a la categoría II que implica explicar el fenómeno de visión en términos de causalidades lineales simples, se usa con mayor probabilidad ($p < 0,01$) al momento de que la tarea implica la elaboración de explicaciones. Pero el hecho más significativo aquí, es que tanto las ideas subyacentes a la categoría III como las de la ciencia escolar (categoría IV) se usa con una probabilidad estadísticamente mayor ($p < 0,01$ y $p < 0,05$, respectivamente) en el test que en el cuestionario. Lo mismo se observa en relación al color, donde la única diferencia significativa ($p < 0,01$) se da en el uso de la idea de la ciencia escolar. Esto implica que los estudiantes tienen mayor posibilidad de reconocer las ideas de la ciencia que de utilizarlas cuando deben ser ellos quienes elaboran sus propias explicaciones.

Luego de transcurrido el tiempo, esto es en la instancia **demora**, la interacción *tarea x contenido x categoría*, resulta nuevamente estadísticamente significativa para ambos grupos ($F(504,3)=21,83$; $p < 0,0001$ para el experimental y $F(447,3)=5,7$; $p=0,0008$) lo que significa que el tipo de tarea influye en la manera en que los grupos explican los fenómenos analizados.

En lo que se refiere al grupo experimental, la interacción *tarea x categoría* resulta significativa en ambos contenidos ($F(252,3)=15,22$; $p < 0,0001$ para visión y $F(252,3)=10,53$; $p < 0,0001$ para color). En los gráficos 6.38 y 6.39 se presenta la probabilidad con que fueron usadas las distintas concepciones en función de la tarea, para explicar el fenómeno del color y el proceso de visión respectivamente. En la tabla 6.29 se presentan los resultados del test post hoc al respecto.

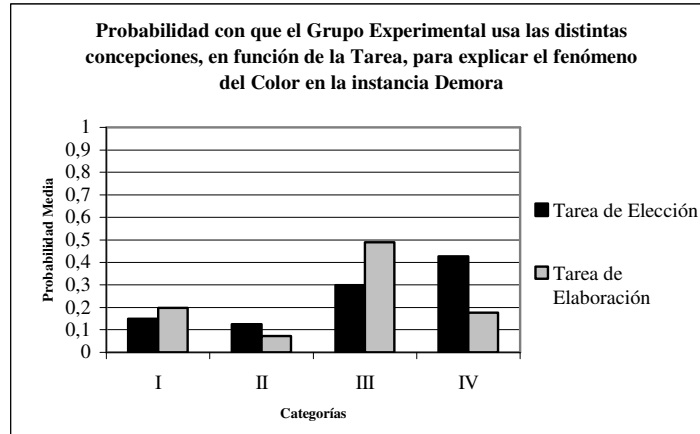


Gráfico 6.38. Probabilidad con el Grupo Experimental usa las distintas concepciones en función de la tarea en la instancia demora y para explicar el proceso de percepción del color.

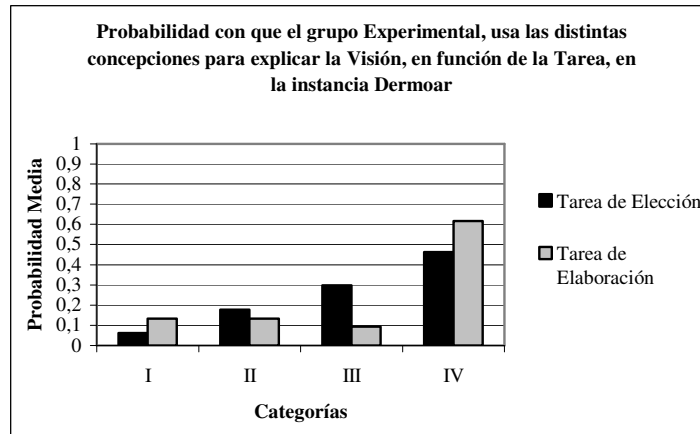


Gráfico 6.39. Probabilidad con el Grupo Experimental usa las distintas concepciones en función de la tarea en la instancia demora y para explicar el proceso de visión

USOS DE DISTINTAS CONCEPCIONES en función del CONTENIDO y la TAREA (Grupo Experimental.. Instancia: demora)											
Elegir vs. Elaborar VISIÓN		Elección de explicaciones				Elegir vs. Elaborar COLOR		Elección de explicaciones			
		I (0,06)	II (0,18)	III (0,30)	IV (0,46)			I (0,15)	II (0,13)	III (0,30)	IV (0,43)
Elaboración	I (0,13)					Elaboración	I(0,20)				
	II(0,14)						II(0,08)				
	III(0,10)			**			III(0,48)		*		
	IV(0,61)				**		IV(0,17)			**	

Tabla 6.29 Resultados del test de Duncan para la interacción tarea x categoría. Referencias: el * y ** indica que hay diferenciase estadísticamente significativas con $p < 0,05$ y $p < 0,01$, respectivamente.

El test de Duncan respecto de la influencia de la tarea en relación al proceso de visión, revela que los alumnos utilizan las concepciones de la ciencia escolar con mayor probabilidad ($p < 0,01$) al tener la libertad de construir sus propias explicaciones que cuando deben elegir la respuesta que creen más adecuada para interpretar una situación problemática entre las propuestas en el test (tal como lo observábamos en la instancia postest). Ante esta tarea de elegir, tienden a usar con mayor probabilidad que en cuestionario ($p < 0,01$) las concepciones subyacentes a la categoría III, y con ello considerar como una explicación posible que vemos gracias a la luz reflejada por los objetos, otorgándosele al sistema visual un rol más pasivo. En lo que se refiere a la probabilidad con que se usan las ideas intuitivas, ésta no difiere entre una y otra tarea. A su vez, los alumnos utilizan las concepciones subyacentes a las categorías I y II en ambos contextos con baja probabilidad.

Respecto al proceso de percepción del color, los resultados del test post hoc revelan que las ideas intuitivas nuevamente se usan sin diferencias estadísticamente significativas entre una y otra tarea. En cambio, al momento de responder al test los estudiantes hace uso de las ideas de la ciencia escolar con una probabilidad estadísticamente mayor ($p < 0,01$) que al momento de responder al cuestionario. En cambio, en este contexto usan con mayor probabilidad ($p < 0,05$) las ideas incompletas subyacentes a la categoría III que cuando la tarea implica elegir una explicación.

En el caso del grupo control, también resulta significativa la interacción *tarea x categoría*, en ambos contenidos ($F(224;3)=8,54$; $p < 0,0001$; $F(223;3)=10,29$; $p < 0,0001$), lo que indica que la manera en que los estudiantes explican ambos fenómenos depende del tipo de tarea al que se enfrenten. En los gráficos 6.40 y 6.41 se presenta la probabilidad con que fueron usadas las distintas concepciones en función de la tarea, para explicar el proceso de visión y el de color respectivamente. En la tabla 6.30 se presentan los resultados del test post hoc al respecto.

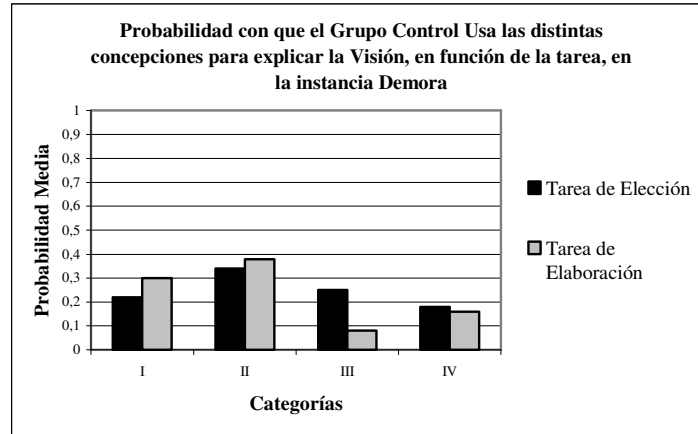


Gráfico 6.40. Probabilidad con el Grupo Control usa las distintas concepciones en función de la tarea en la instancia demora y para explicar el proceso de visión

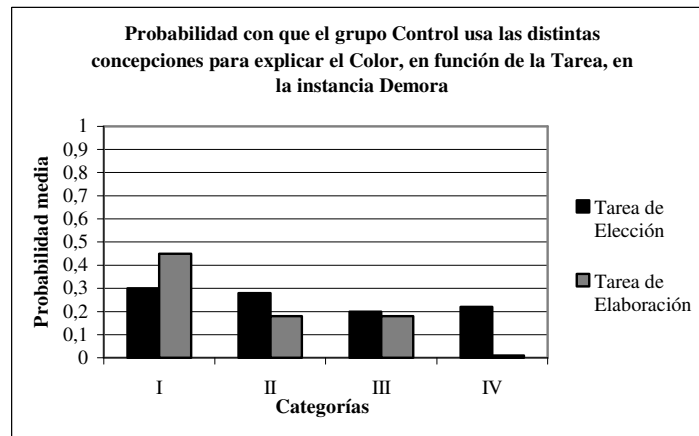


Gráfico 6.41. Probabilidad con el Grupo Control usa las distintas concepciones en función de la tarea en la instancia demora y para explicar el fenómeno del color.

USOS DE DISTINTAS CONCEPCIONES en función del CONTENIDO y la TAREA (Grupo Control. Instancia: demora)											
Elegir vs. Elaborar VISIÓN		Elección de explicación				Elegir vs. Elaborar COLOR		Elección de explicación			
		I (0,22)	II (0,34)	III (0,25)	IV (0,18)			I (0,30)	II (0,28)	III (0,20)	IV (0,22)
Elaboración	I(0,30)					Elaboración	I(0,45)	*			
	II(0,38)						II(0,18)		**		
	III(0,08)			**			III(0,18)				
	IV(0,15)				*		IV(0,01)			**	

Tabla 6.30 Resultados del test de Duncan para la interacción tarea x categoría. Referencias: el * y ** indica que hay diferenciase estadísticamente significativas con $p < 0,05$ y $p < 0,01$, respectivamente.

Se puede observar entonces en relación al el proceso de visión, que la probabilidad con que se usan las ideas intuitivas subyacente a las categorías I y II no depende de la tarea (ya que no se observan diferencias estadísticamente significativas). En tanto las ideas coherentes con las de la ciencia escolar, subyacentes a las categorías III y IV, se usan con probabilidades estadísticamente mayores ($p < 0,01$ y $p < 0,05$) en el test que en el cuestionario (obsérvese que en este instrumento la probabilidad con la que se la usa es prácticamente nula).

Los estudiantes entonces, logran reconocer los modelos propuestos desde la ciencia escolar con una probabilidad estadísticamente superior con la que logran aplicarlas para elaborar sus explicaciones. Este mismo hecho ya se observaba inmediatamente después de la instrucción. En este sentido, el tiempo no produce cambios ya que el reconocimiento de las concepciones de las ciencias sigue siendo más exitoso que su aplicación.

Respecto al proceso de percepción del color, la única concepción que se utiliza con igual probabilidad (sin diferencias estadísticamente significativas) independientemente de la tarea es la subyacente a la categoría III. Las concepciones netamente intuitivas (involucrada en las categorías I) son utilizadas con mayor probabilidad ($p < 0,05$) cuando los alumnos se enfrentan al cuestionario, mientras que las involucradas en la categoría II (también intuitivas éstas) se utilizan con mayor probabilidad en el test ($p < 0,01$). Finalmente, para este contenido, las ideas de la ciencia escolar vuelve a utilizarse con mayor probabilidad ($p < 0,01$) cuando los alumnos tienen la oportunidad de elegir una explicación respecto del fenómeno del color que cuando deben ser ellos quienes la elaboren. En este último contexto, la probabilidad de que usen los modelos de la ciencia, resulta prácticamente nula.

2.3.1. Análisis de Resultados

Con referencia a la influencia de la tarea sobre el tipo de conocimiento utilizado por los alumnos, podríamos mencionar como aspectos más significativos, que después de la instrucción (y tanto en la instancia post como en la demora) los alumnos del grupo experimental fueron capaces de utilizar con mayor probabilidad la idea de la ciencia respecto del proceso de visión al momento de elaborar sus propias explicaciones que cuando tuvieron la posibilidad de elegirla en el test.

Hecho este que nos ha sorprendido, dado que de hallar alguna diferencias en el uso de las concepciones con dependencia de la tarea, esperábamos que la misma estuviese relacionada con el hecho de que los alumnos utilizasen en mayor medida las coherentes con las de la ciencia (y en menor medida las intuitivas) al momento de ELEGIR una explicación y no cuando la tarea implica la ELABORACIÓN de la misma. Esto dado que esta última tarea presenta mayor complejidad, ya que requiere utilizar con consistencia una concepción para elaborar en distintos contextos una explicación y esto a su vez requiere que se comparta consistentemente un determinado modelo. La primera tarea, en tanto, presentaría menor dificultad porque la explicación ya está elaborada entre las opciones de respuestas dadas.

En tal sentido, si bien es baja la tendencia con que usan en ambos contextos las ideas intuitivas, pareciera que los estudiantes al detectarlas como una posible explicación entre las opciones propuestas en el Test, suelen elegirla como una apropiada para explicar. Ante una problemática abierta, en tanto, la probabilidad a elaborar explicaciones en términos netamente intuitivos, es menor.

Puede haber influido en este hecho, la forma en que fueron expresadas las consignas en cada tarea y la manera en que fueron redactadas las opciones de respuestas en el Test de Respuestas Múltiples. Respecto al primer punto, durante la instrucción la mayoría de las actividades que los alumnos realizaron implicaron elaborar explicaciones y el docente siempre insistió sobre la necesidad de que justifiquen las respuestas dadas (ya sea de manera oral o escrita) y que den las explicaciones más completas posibles, ya que esa *sería la única manera de conocer sus propias ideas y así no sólo para poder ayudarlos a aprender a partir de ellas, sino también poder evaluar su aprendizaje*. Entonces ante la actividad donde se les pide que elaboren la respuesta, “lo más completa posible, basándose en tus ideas acerca de cómo vemos o cómo y porqué percibimos objetos de distintos colores” (tal como se les solicitaba en el cuestionario) los

estudiantes usaron el modelo que habían construido más sólidamente durante la instrucción: *la idea de la ciencia escolar en lo que se refiere al proceso de visión y la concepción coherente con lo que ésta propone pero incompleta, en relación al fenómeno del color*. Esto es, al leer la consigna asumirían que la intención del docente es que utilicen las concepciones de la ciencia, por lo que intentan (con éxito) usar las ideas que consideran resultan coherentes con lo que se les explicó durante el proceso de enseñanza.

Respecto del segundo punto, esto es de la manera en que fueron planteadas las opciones de respuestas en el Test, y en lo que respecta al fenómeno de la visión, las mismas en todos los casos si bien podían resultar incompletas (como las explicaciones subyacentes a las categorías I, II y III) nunca resultaban “incorrectas”. En tal sentido a subyacen a ellas las ideas de que para ver hay que mirar o para ver además de mirar la luz debe iluminar los objetos (hechos estos obvios y necesarios, pero que no permiten explicar cómo y por qué vemos). Como decíamos, este tipo de concepciones no es usada por los alumnos al momento de elaborar sus explicaciones (de hecho las probabilidades con que se las usa en el cuestionario resultan prácticamente nulas) pero no las descartan terminantemente como una posible respuesta (hecho que se evidencia porque en el test las usan con una probabilidad mayor, aunque esta sigue siendo muy baja). Si bien resultó baja la tendencia con que usan en ambas tareas las ideas intuitivas, pareciera que los estudiantes al detectarlas como una posible explicación entre las opciones propuestas en el Test, no les resulta “ilógico” elegirla como una apropiada para explicar.

De cualquier modo, no habría que perder de vista que en la etapa post intervención, y tanto al momento de elaborar como de elegir una explicación, los alumnos utilizaron las ideas de la ciencia escolar, con una probabilidad estadísticamente mayor con la que utilizaron las demás concepciones.

Respecto del proceso de percepción del color, la influencia de la tarea sobre las respuestas dadas por los alumnos del grupo experimental, fue significativa sólo en la instancia demora. En dicho momento quedó en evidencia que los estudiantes tienen mayor “éxito” en identificar la idea de la ciencia, que en aplicarla para elaborar sus explicaciones. Este hecho nos lleva a concluir que los estudiantes no habrían construido el modelo de la ciencia al respecto de manera realmente significativa. Esto es, si bien se habría producido un cambio en su modo de conocer, ya que no explican luego de la instrucción usando un conocimiento cotidiano, tampoco comparten sólidamente todavía,

el modelo propuesto en clase. Concluimos de esta manera porque observamos que los alumnos son capaces de reconocerlo con alta probabilidad de entre las respuestas propuestas en el test, y de elegirlo para explicar distintas situaciones problemáticas, pero todavía no logran utilizarlo con éxito para elaborar sus explicaciones. No obstante, no podemos dejar de observar que usan la idea de la ciencia con mayor probabilidad que las demás en el test, y además porque cuando no logran utilizarla para elaborar sus explicaciones, no recurren a ideas intuitivas sino a un modelo escolarizado que resulta correcto pero incompleto en el contexto de la ciencia escolar.

Los estudiantes del grupo control, por su parte, en las tres instancias de análisis (pre, post y demora) mostraron mayor posibilidad de reconocer las ideas coherentes con las de la ciencia que de aplicarlas, aunque, y tal como ya se mencionó, en ninguna tarea ni momento fue este tipo de concepción la que el grupo utilizó con mayor probabilidad, sino que la mayoría de las explicaciones que eligieron y elaboraron en relación a ambos fenómenos fueron de naturaleza intuitiva.

El hecho de que los alumnos del grupo control tengan mayor posibilidad de reconocer que de aplicar los modelos compartidos en clase; que utilicen con, y en ambas tareas distintos modelos explicativos; y el hecho de que con el paso del tiempo vuelvan a usar exactamente las mismas ideas intuitivas para elaborar sus explicaciones, podría estar relacionado con que el aprendizaje experimentados por estos alumnos fuese del tipo memorístico. Esto dado que en un aprendizaje memorístico el sujeto puede tener relativa posibilidad de reconocer la concepción de la ciencia que le ha sido transmitida en clase o puede declarar una idea que puntualmente halla sido analizada en dicho contexto, pero dudosamente pueda utilizar con consistencia, ante distintas problemáticas y situaciones el modelo de la ciencia que se le ha transmitido. En es caso entonces, por lo general se tiende a aquellas ideas más sólidas, las que fueron construidas con anterioridad, como fruto del contacto diario con el mundo exterior y de la experiencia cotidiana. Ideas estas de naturaleza intuitiva (tal como lo discutimos en el Capítulo I).

Como analizamos, ésta es la situación que parece hallarse en el grupo control. En cambio en el grupo experimental, la instrucción no sólo habría potenciado un cambio en la manera de conocer de los alumnos, ya que a diferencia de la instancia inicial demuestran compartir ahora uno coherente con el de la ciencia, sino que también parece haber propiciado el desarrollo de la habilidad de aplicarlo consistentemente para explicar diversas situaciones.

3. TERCERA SECCIÓN. Conclusiones

A la luz de los resultados obtenidos, podemos concluir en correspondencia con la primera hipótesis planteada en este estudio, que inicialmente, tanto los alumnos del grupo control como los del grupo experimental, activan razonamientos monovariados y reduccionistas para explicar los fenómenos de visión y percepción del color. Así, no atendieron a todas las variables implicadas (luz, objeto y sistema visual) ni a las interacciones que se dan entre ellas (luz – objeto: absorción, reflexión y/o transmisión). De esta manera, tienden sólo a reconocer a los ojos como elemento indispensable para ver y asumen que el color es una característica inherente al objeto. Es por esta razón que hemos caracterizado al modo de conocer inicialmente compartido por estos grupos de estudiantes por principios ontológicos y conceptuales de estado y hecho o dato, y por un principio epistemológico de realismo ingenuo que los lleva a asumir que “el mundo es y se comporta como los sentido lo indican”.

Observamos también que antes de la instrucción, la probabilidad con que usan las ideas de la ciencia es mayor cuando la tarea implica *elegir* que cuando requiere *elaborar* una explicación. No obstante, en ambos contextos los estudiantes de los dos grupos usan con mayor probabilidad, ideas fundadas en el sentido común y la experiencia cotidiana al explicar los dos fenómenos analizados.

Tras la instrucción, la situación entre los grupos es significativamente diferente. El grupo control sigue tendiendo a usar ideas más acordes con el pensamiento intuitivo, para explicar la visión y la percepción del color. Así, se halla que la mayoría de las respuestas de estos alumnos (en ambas tareas) se agrupan entre las categorías I y II al explicar ambos fenómenos. Además, el modo de conocer que ellos comparten se caracteriza también por la inconsistencia en el uso de un modelo explicativo en particular, dado que por lo general, usan con igual probabilidad, modelos antagónicos (intuitivos, “correctos” pero incompletos y coherentes con los de la ciencia escolar). A su vez, una vez culminada la instrucción, siguen teniendo mayor posibilidad de reconocer la idea de la ciencia escolar que de utilizarla para elaborar una explicación.

El modo de conocer de los alumnos del grupo experimental, en cambio, se diferencia notablemente entre la instancia inicial y final. Dichas diferencias se deben a que en la instancia post intervención hacen uso de ideas más coherentes con las científicas para explicar los fenómenos perceptivos. Explican el proceso de visión en términos de razonamientos plurivariados y no reduccionistas, usando la concepción

propuesta por la ciencia escolar, a la que hemos caracterizado con principios ontológicos y conceptuales de interacción y sistema, tanto al elegir una explicación como cuando deben ser ellos quienes la tienen que elaborar. Atienden así a las tres variables (luz, sistema visual y objeto) y a las interacciones que se dan entre ellas, para explicar que vemos porque la luz reflejada difusamente por los cuerpos interacciona y estimula el sistema visual del observador. Usan por lo tanto los modelos abstractos propuestos por la ciencia escolar por lo que habría un claro proceso superador del principio epistemológico de realismo ingenuo.

Respecto del fenómeno de percepción del color, los estudiantes del grupo experimental habrían construido con la instrucción un modelo coherente con el que propone la ciencia, pero menos complejo (recuérdese que en la mayoría de los casos, tanto la concepción subyacente a la categoría III como a la IV se utilizan con igual probabilidad). Al usar esta idea incompleta, tienden a explicar que el color que vemos se debe a las características de la luz reflejada selectivamente por los cuerpos, otorgándosele al sistema visual “solo” el rol de mirar. Este modelo, sería uno intermedio entre el modo de conocer intuitivo y el propuesto por la ciencia, que se construye durante el proceso de aprendizaje de los modelos por ella propuestos (en el siguiente estudio nos detenemos a analizar con mayor detenimiento los modelos intermedios que los alumnos construyen en el proceso de construcción de ideas científicas).

Así, tanto en la instancia posttest como en la demora, los alumnos del grupo experimental *eligen y utilizan* la idea de la ciencia escolar (subyacente a la categoría IV) con mayor probabilidad cuando se enfrentan a problemáticas que involucran al proceso de la visión que cuando las mismas contemplan al fenómeno del color.

A la diferencia hallada en el modo de explicar uno y otro fenómeno, la consideramos estrechamente relacionada con la “brecha” conceptual, ontológica y epistemológica que “separa” al saber científico y al intuitivo en relación a las explicaciones que se da desde uno y otro contexto a cada fenómeno. En el capítulo II proponíamos que la dificultad conceptual asociada al aprendizaje del saber de la ciencia en relación con los modelos que ésta propone para interpretar la visión y la percepción del color, se debe justamente a las diferencias ontológicas, epistemológicas y conceptuales que existen entre el modo de conocer inicialmente compartido por los estudiantes y el modo de conocer de la ciencia escolar. Y en tal sentido considerábamos que resulta mucho más dificultoso la interpretación del modo en que la ciencia explica

el proceso de percepción del color, que el de la visión, dado que los modelos propuestos no sólo tienen un alto grado de abstracción y complejidad, sino que presentan múltiples aspectos contra-intuitivos, más aún de los que ya presentan los modelos propuestos para explicar el proceso de visión. Ya hemos discutido arduamente con antelación que, desde el saber intuitivo, se tiende a explicar que para ver basta con que la luz ilumine el objeto y el observador dirija hacia él su mirada. Se concibe que son los ojos los principales elementos involucrados en el proceso de la visión, ya que “si no funcionan bien” no se verá nada. En un segundo plano se le otorga una relevante función a la radiación en tanto se concibe que es necesaria porque “sin luz no se ve con claridad” o porque “los ojos solo captan la imagen de los objetos iluminados”. A los objetos, en tanto, no se le atribuye otra función que la de “estar físicamente”. Esto es, se concibe que son necesarios porque si no estuviesen no habría nada que ver. Como ya se ha discutido en el capítulo II de esta Tesis, esta concepción intuitiva se halla ontológica, epistemológica y conceptualmente distante de la científica, desde la cual se explica con modelos abstractos la interacción entre la luz y los objetos y entre la luz y el sistema visual. Pero consideramos que el aspecto más contra-intuitivo de la explicación que ésta propone radica en la estimulación del sistema visual por parte de la luz reflejada por los objetos. Esto es, desde el saber cotidiano se otorga un rol terminantemente relevante, aunque pasivo, a los ojos: el de mirar. Basta con dirigir la mirada hacia el objeto iluminado para poder verlo. En tal sentido, los niños más pequeños (no así los mayores) suelen asumir que “algo sale de los ojos para poder ver los objetos”. Asumir que es la luz proveniente de los objetos iluminados la que debe incidir en el sistema visual para estimularlo es el aspecto cuya comprensión y aceptación más dificultades presenta. En menor grado, aunque compleja también, resultaría la interpretación de la interacción que se da entre la luz y los objetos, dado que la misma no iría en contra de algo que intuitivamente se concebía sino que ampliaría la concepción compartida desde el saber cotidiano. Esto es, desde este contexto el objeto no cumple un rol específico, más que el de “estar”. La explicación científica ampliaría esta idea al atender a las interacciones que se producen entre él y la luz.

Pero en lo que respecta al proceso del color, no sólo es contra-intuitiva la interacción luz – sistema visual, sino también lo es el rol y la importancia que en uno y otro contexto (científico y cotidiano) se le asigna al objeto. Así, desde el saber intuitivo, es clara y terminante la función del cuerpo: “contener el color”, ya que el mismo se concibe como una propiedad de la materia. Desde la ciencia, en cambio, se concibe que

éste depende de las características espectrales de la luz con que se ilumine el objeto, de la composición química del pigmento que éste posea, y de las características del sistema visual del observador (tal como lo discutimos en el capítulo II). Pero además, la complejidad para explicar el fenómeno del color radicaría en el hecho que desde contexto científico se lo concibe como un proceso de percepción visual, en tanto desde la cotidianeidad como algo que está estáticamente en el objeto.

Es por todo lo dicho que consideramos ontológica, epistemológica y conceptualmente más distante el saber intuitivo del científico en relación con el fenómeno del color que con el proceso de visión. Es a partir de ello que podemos interpretar el hecho de que los alumnos hayan podido construir una idea de visión coherente con lo propuesto por la ciencia pero todavía no una coherente con lo que ella propone en relación al fenómeno del color (de hecho resultados análogos han sido hallados por otros autores como Bravo y Pesa, 2001).

Tres meses después de concluir el proceso de enseñanza formal, la situación hallada en cada grupo no cambia sustancialmente en relación a la descripta para la instancia postest. En tal sentido el grupo experimental tiende a usar ideas coherentes con las de la ciencia para explicar ambos fenómenos perceptivos en ambas tareas. En lo que respecta al proceso de visión, usan siempre el modelo explicativo propuesto por la ciencia escolar, activando entonces razonamientos sistémicos y multivariados. Para explicar el fenómeno del color, son capaces de reconocer la concepción de la ciencia, pero no de aplicarla al momento de elaborar sus explicaciones. En ese caso no acuden a sus ideas intuitivas, sino a un modelo que aunque incompleto resulta correcto en el contexto de la ciencia (el cual puede convertirse en una sólida base conceptual sobre la cual apoyar sus aprendizajes futuros, a fin de llegar a compartir el saber de la ciencia escolar).

El grupo control, en cambio, elabora sus explicaciones de la misma manera que lo hacía antes de la instrucción, tanto respecto al proceso de visión como al de percepción del color, y siempre usando un saber intuitivo. Si bien muestran mayor probabilidad para reconocer las ideas de la ciencia que para aplicarlas, aún en el caso de que la tarea implique la elección de una explicación, el modo de conocer se caracteriza por la utilización indiscriminada de modelos antagónicos, y la activación de modo de razonar reduccionistas.

Respecto de la dependencia del uso de la idea de la ciencia con la tarea a resolver, en el grupo experimental, tanto en la instancia posttest como en la demora y en el contenido visión, se observó que los estudiantes *curiosamente* tienen más éxito en utilizar el modelo propuesto por la ciencia escolar al momento de elaborar una explicación que cuando pueden elegir una ya elaborada entre distintas opciones de respuesta (en el punto anterior hemos discutido las *posibles* causas de este hecho). En relación al color, los resultados arribados fueron más “esperables”: los alumnos tuvieron más éxito de reconocer que de usar el modelo de la ciencia (al igual que los alumnos del grupo control). Pero esta diferencia se observa sólo en la instancia demora (en la posttest no se hallan diferencias en la manera en que usan las distintas concepciones en función de las tareas).

Finalmente, podemos concluir que la propuesta didáctica implementada, y a diferencia de la metodología de enseñanza tradicional, potencia el uso de modelos cada vez más complejos y coherentes con la de la ciencia, tal como lo proponíamos en las hipótesis que planteamos al comienzo de este trabajo. Esto dado que el aprendizaje propiciado implicó un cambio radical en el modo de conocer de los estudiantes, inherente a los principios ontológicos, epistemológicos y conceptuales que subyacen a su saber inicial. A su vez dicho aprendizaje fue lo suficientemente significativo, para que luego de la instrucción y aún después de transcurrido un tiempo desde su culminación, los alumnos sigan eligiendo y elaborando explicaciones respecto de los fenómenos de visión y percepción del color en términos de la ciencia escolar. Como dijimos, este caso se diferencia notablemente del grupo control, donde los estudiantes utilizaron en todo momento un modo de conocer más coherente con el que se construye a diario y a partir de la experiencia cotidiana del que surge (o debiera surgir) como producto de una educación científica formal.

En último lugar, creemos oportuno destacar que los resultados obtenidos en este estudio, no sólo condujeron a la aceptación de las dos hipótesis planteadas, sino que también dejaron claramente en evidencia que ES POSIBLE propiciar el aprendizaje de la Ciencias en Educación Secundaria Obligatoria, pensándolo a éste como un cambio sustancial en el modo de conocer que implica el paso paulatino de uno intuitivo a otro cada vez más coherente con el de la ciencia.

Ya hemos descrito exhaustivamente las características de la propuesta didáctica elaborada, que potenciaría el aprendizaje mencionado. Resta entonces, con el objetivo

de hallar la mayor cantidad de indicadores posibles que permita evidenciar los factores que conducen a dicho aprendizaje, estudiar cómo aprendieron, cómo fue cambiando el modo de conocer de estos alumnos conforme avanzó la implementación de la propuesta de enseñanza especialmente diseñada en esta Tesis.

En el capítulo siguiente, centramos la atención en dicho estudio a fin de interpretar el aprendizaje, que según los datos obtenidos hasta aquí, experimentaron los alumnos d el grupo experimental.

CAPITULO VII

TERCER ESTUDIO: Descripción e interpretación del aprendizaje experimentado por los alumnos ante la implementación de la propuesta didáctica especialmente diseñada.

1. PRIMERA PARTE: Descripción y justificación del estudio

Como mencionábamos con antelación, realizamos este estudio con el fin último de poder analizar, describir e interpretar cómo y ante qué estrategias didácticas, los alumnos del grupo experimental cambiaron su manera de interpretar los procesos perceptivos, desde un modo de conocer intuitivo hacia otros más próximos y coherentes con la de la ciencia (hecho que dejan de manifiesto los resultados presentados en el capítulo anterior).

A fin de cumplir estos objetivos, se analizan aquí no sólo las instancias pre y post test, sino también instancias intermedias que permitan conocer los procesos de aprendizaje experimentados por los alumnos y profundizar acerca de los cambios producidos entre las etapas iniciales y finales.

Puntualmente estudiamos las respuestas que los estudiantes dieron en distintos momentos de la instrucción: *iniciación*, *desarrollo*, *aplicación* y *conclusión* (las cuales fueron definidas y descritas en la tabla 5.1 del capítulo V) La importancia de analizar estos distintos momentos educativos, radica en que:

- Las *actividades de iniciación*, permiten estudiar e interpretar las concepciones de los alumnos antes del abordaje formal del tema.
- A partir de las *actividades de desarrollo* se puede analizar qué variables e interacciones los alumnos van reconociendo e incorporando en sus explicaciones acerca del proceso de visión y del de percepción del color, conforme se va implementando la propuesta didáctica.
- Las *actividades de aplicación* permiten estudiar las concepciones que los alumnos utilizan en distintos contextos para aplicar el modelo que han construido durante proceso de enseñanza y luego de haber sido presentado formalmente por el docente la idea de la ciencia escolar.
- A partir de las *actividades de conclusión*, es posible analizar las concepciones de los estudiantes inmediatamente después de la instrucción.

Dado que el objetivo central de este estudio es hallar algunos indicadores que permitan dilucidar e interpretar cómo aprendieron los alumnos, se analiza el tipo de modelo explicativo que cada uno elabora en las distintas instancias de instrucción y cómo cambian dichos modelos entre dos momentos de análisis consecutivos (inicial – desarrollo; desarrollo – aplicación y aplicación – conclusión). A partir de estos análisis se pretende detectar el progreso en los modos de aprender implementados por los alumnos en su paso de concebir los procesos perceptivos desde un saber intuitivo hacia otra más coherente con el de la ciencia escolar.

Se focaliza entonces esta parte de la investigación en el seguimiento continuo del aprendizaje y con ello en los cambios manifestados por los alumnos en su manera de interpretar los fenómenos de visión y percepción del color, evitando limitar el trabajo a las “instantáneas” pre y post enseñanza.

Describimos a continuación, los objetivos, problemas, hipótesis de trabajo y criterios metodológicos a seguir, con el fin de poder concluir fundamentadamente respecto a cómo aprendió este grupo de alumnos ante la implementación de la propuesta didáctica diseñada.

1.- OBJETIVOS

Tal como lo hemos enunciado, la revisión bibliográfica realizada hasta el momento pone en evidencia que si bien existen investigaciones previas referidas a las concepciones que los estudiantes presentan en relación a los procesos de visión y percepción del color, no se encuentran estudios que analicen cómo se van modificando dichas concepciones ante una propuesta de enseñanza formal. Es decir, no se encuentran estudios que analicen los procesos de cambio que se ponen en juego durante el aprendizaje, en el paso de las concepciones intuitivas a concepciones más coherentes con las científicas. Estos aspectos resultan primordiales para la formulación de propuestas didácticas fundamentadas científica y didácticamente.

Este estudio tiene justamente como objetivo central *analizar, describir e interpretar el aprendizaje experimentado por un grupo de alumnos de Educación Secundaria Obligatoria (13 – 14 años de edad), lo que implica estudiar cómo se modifican sus representaciones acerca de la visión y la percepción del color cuando se guía su aprendizaje con una metodología de enseñanza innovadora (la cual fue presentada en el capítulo V)*

2.- PROBLEMAS DE INVESTIGACIÓN

Dado que la investigación didáctica no ha de limitarse exclusivamente al estudio de las condiciones iniciales y finales de los procesos de aprendizaje, se considera en este trabajo de suma importancia el seguimiento de la intervención en el aula. El mismo resulta fundamental para obtener datos relevantes que permita explorar la evolución del conocimiento. Se plantean entonces los siguientes problemas de investigación.

Primer Problema

¿La aplicación en el aula de la propuesta didáctica favorece la construcción de concepciones respecto a los fenómenos de visión y percepción del color, cada vez más coherentes con las propuestas por la ciencia, lo que implica la identificación e interrelación explícita de las variables (luz, objeto, sistema visual) que permiten interpretar los fenómenos mencionados?.

Segundo Problema

¿Los modos de conocer de los estudiantes, evolucionan desde unos netamente intuitivos, caracterizados por principios ontológicos, epistemológicos y conceptuales de estado, hecho o dato y realismo ingenuo, hacia otros más complejos caracterizados por principios de causalidades lineales múltiples y procesos, que actúan como “intermediarios” entre los primeros y los finalmente construidos coherentes con los de la ciencia escolar (caracterizados por principios de sistemas e interacción en un proceso superador del realismo ingenuo)?

3. HIPÓTESIS DE TRABAJO

Reconociendo al aprendizaje como un proceso gradual y continuo, y atendiendo a los resultados obtenidos en el estudio anterior, como así también los arrojados por trabajos de investigación previos (analizados en el capítulo II) se elaboran las siguientes hipótesis:

Primera Hipótesis

La aplicación en el aula de la propuesta didáctica favorece la paulatina construcción de ideas sobre la visión y percepción de los colores, cada vez más acordes con las de la ciencia escolar

Segunda Hipótesis

Los modos de conocer de los estudiantes cambian desde los netamente intuitivos (a partir de los cuales no se atiende a todas las variables implicadas en los procesos perceptivos ni a las interacciones que entre ellas se establecen), hacia otros intermedios más complejos pero incompletos (a partir de los cuales se usan modelos abstractos que resultan “correctos” en el contexto de la ciencia), con los que se reconoce parcialmente algunas de las interacciones que se establecen entre las distintas variables. En base a estos modelos “intermedios” se construye finalmente una concepción coherente con la de la ciencia (que atiende de modo sistémico a todas las variables e interacciones que la ciencia escolar propone para interpretar la visión y el fenómeno del color)

4. METODOLOGÍA

4.1. PARTICIPANTES

Los resultados obtenidos en el estudio anterior nos permitieron concluir que el grupo experimental con el que se trabajó, antes de la instrucción utilizaba ideas intuitivas para explicar los procesos de visión y percepción del color, pero tras la instrucción y aún con el paso del tiempo, utiliza concepciones coherentes con las de la ciencia escolar. Para estudiar cómo fue modificándose el modo de conocer de los alumnos durante el proceso de aprendizaje hemos seleccionado al azar (a fin de constituir una muestra representativa del total) 12 de los 32 alumnos que conformaron el grupo experimental.

4.2. DISEÑO DEL ESTUDIO

El presente es un *estudio de caso* que se realiza sobre un diseño: pretest - intervención - postest, basado sobre una metodología cualitativa. La misma permite describir minuciosamente (a partir de la inferencia de los modelos utilizados y los principios ontológicos, epistemológicos y conceptuales y modos de razonar asociados) las concepciones que los estudiantes utilizan en los distintos momentos de la instrucción y con ello el cambio experimentado en su modo de conocer debido al proceso de educación formal

4.3. ANÁLISIS DE DATOS

Se estudiaron en este trabajo las explicaciones que los estudiantes dieron en distintas instancias de enseñanza, con el objetivo de dejar en evidencia las características de los modelos explicativos que fueron utilizando y los cambios que éstos sufrieron conforme avanzó la instrucción.

En un primer momento (primer análisis) estudiamos minuciosamente las respuestas escritas que dieron a las problemáticas presentadas en las instancias didácticas de: iniciación, desarrollo, aplicación y conclusión. Se evaluaron las variables (luz – objeto – sistema visual) a las que los estudiantes atendieron *explícitamente* en cada momento, como así también las interacciones que entre dichas variables *explícitamente* reconocieron. A partir de allí, confeccionamos para cada alumno un esquema conceptual para representar el modelo explicativo compartido. A fin de determinar dicho modelo (y dado que los estudiantes no siempre utilizan en una tarea el mismo modo de conocer para explicar los fenómenos), se consideró que comparten aquel modelo que utilizan con mayor consistencia, esto es, en al menos el 60% de los problemas planteados. Luego, si utilizan con mayor frecuencia, pero de manera análoga, ideas subyacentes a las categorías I y II, por ejemplo, se considera que comparten en núcleo conceptual que subyace a ambas (en este caso, para ver “hay que mirar” o “el color es una propiedad del objeto”). En tanto si utilizan con mayor frecuencia (pero de forma análoga) las ideas subyacentes a las categorías III y IV, nuevamente se considera que el núcleo central que comparten es el subyacente a ambas categorías, que implica concebir que “vemos porque el objeto refleja selectivamente parte de la luz que incide en él” y/o que “el color depende de las características espectrales de la luz reflejada selectivamente por los objetos”.

Dado que el objetivo central de este estudio es hallar algunos indicadores que permitan dilucidar e interpretar cómo los alumnos cambiaron su modo de conceptualizar los fenómenos perceptivos al implementarse la propuesta diseñada, una vez detectada la manera en que explicaron dichos fenómenos en las distintas instancias de análisis, estudiamos los cambios (correspondientes a cambios entre categorías) observados entre dos momentos de análisis consecutivos: inicial – desarrollo; desarrollo – aplicación y aplicación - conclusión. Este segundo análisis se realiza entonces con el objetivo de hallar aquellas pautas de cambio experimentadas con mayor frecuencia por los estudiantes durante la implementación de la propuesta didáctica. Finalmente, el tercer

análisis realizado implica la identificación de los patrones de cambios más frecuentes entre los estudiantes, a lo largo de toda la instrucción (y con independencia temporal) Dicho estudio permite detectar los modos de aprender implementados por los alumnos en su paso de concebir los procesos perceptivos desde un saber intuitivo hacia otra más coherente con el de la ciencia escolar.

4.4. TAREAS Y PROCEDIMIENTOS

Con el objetivo de arribar a datos concretos que permitan concluir acerca de la manera en que cambian los conocimientos de los alumnos a lo largo de la enseñanza, se analizan las actividades elaboradas por ellos en etapas claves de la instrucción: iniciación, desarrollo, aplicación y conclusión, que corresponden a las instancias pre, durante y pos intervención.

Las *actividades de iniciación*, utilizadas para estudiar las ideas de los estudiantes respecto de los procesos de visión y percepción del color, fueron las incluidas en el cuestionario utilizado en la etapa Pretest. En ellas (y como ya lo hemos descrito en el capítulo anterior) se presentan problemáticas cotidianas relacionados con los procesos perceptivos que se estudian aquí, y las tareas requieren de los alumnos explicitar qué elementos consideran involucrados en los procesos de visión y percepción del color, y cuales son las interacciones que entre ellos reconocen.

En la *actividad de desarrollo* relativa al proceso de visión que se analiza en este estudio, esencialmente se cuestiona a los estudiantes respecto de qué elementos consideran involucrados y qué “función” cumplen los mismos en el proceso de visión. Las respuestas dadas aquí permiten evaluar cuál/es de esos elementos (luz, objeto, ojos-sistema visual) y procesos (iluminación, reflexión, percepción) creen los alumnos que están explícitamente asociados a dicho proceso perceptivo. Esta actividad fue desarrollada una vez abordados contenidos relacionados con la naturaleza y propagación de la luz y con las interacciones que se dan entre esta radiación y los distintos cuerpos (absorción, transmisión, reflexión difusa y especular).

En la actividad de *desarrollo* relativa al proceso de percepción del color, se solicita a los estudiantes que den una explicación acerca de por qué se ven objetos de distintos colores cuando a todos se los ilumina con luz blanca, como así también (atendiendo a la mezcla sustractiva de pigmentos) por qué al mezclar dos pinturas distintas, la mezcla se percibe de un color diferente al que se percibía cada una de ellas por separado. Al

momento de resolver esta actividad, ya se había estudiado formalmente en clase la naturaleza espectral de la luz blanca, como así también la interacción luz – materia (reflexión, transmisión y absorción selectiva) y se había comenzado con el abordaje de la visión cromática (a partir del análisis del funcionamiento del ojo humano respecto de la percepción del color).

La *actividad de aplicación* referida al proceso de visión, involucra diversas problemáticas cotidianas que implican que los alumnos tomen decisiones sobre las condiciones que deben darse para percibir claramente los objetos, que predigan en base a sus ideas si un cuerpo se verá o no bajo determinadas condiciones de observación y que elaboren explicaciones acerca de fenómenos concretos y conocidos por ellos (como lo es, por ejemplo, la no percepción a través de cuerpos opacos pero sí a través de cuerpos transparentes).

La actividad de *aplicación* relativa al proceso de percepción del color, también involucra problemáticas cotidianas, que en este caso requieren que los estudiantes expliquen cómo y por qué percibimos objetos de distintos colores cuando están iluminados con luz blanca, pero también que predigan y justifiquen de qué color se percibirá determinado cuerpo si se cambia la radiación incidente, el pigmento que lo compone o si se lo observa a través de un filtro.

Tanto para el proceso de visión como para el de percepción del color, la *actividad de conclusión* que se utiliza como fuente de datos, es una que se realiza inmediatamente después de culminado el proceso de enseñanza relativo a cada fenómeno perceptivo (y que fue tomada como actividad de evaluación por parte del docente del curso). Los alumnos fueron avisados con antelación del desarrollo de esta tarea individual, por lo que tuvieron la posibilidad de dedicar tiempo extraescolar al estudio de la temática en cuestión, para lo que contaban con el material práctico (la resolución de las actividades que habían desarrollado y muchas de las cuales habían sido visadas por el docente en etapas intermedias), los apuntes teóricos por ellos confeccionados durante la clase, y el cuadernillo de desarrollo teórico (a modo de libro de texto) que se les había entregado al comienzo del dictado del tema.

En esta instancia, los estudiantes debieron resolver problemáticas que habían contestado al inicio de la instrucción, evaluar sus respuestas iniciales y completarlas y/o modificarlas si lo consideraban pertinente. A su vez se enfrentaron a problemas

“nuevos” que no habían sido analizados explícitamente en clase (aunque sí por supuesto, la explicación subyacente)

En las figuras 7.1 y 7.2 se esquematiza la secuencia de actividades referidas respectivamente al proceso de visión y al de percepción del color que conforman la propuesta didáctica que fue presentada en el Capítulo V. Allí se indica con sombreado, las actividades anteriormente descritas que se tomaron como instrumentos de recogida de datos en este estudio (las mismas se adjuntan en el anexo A9).

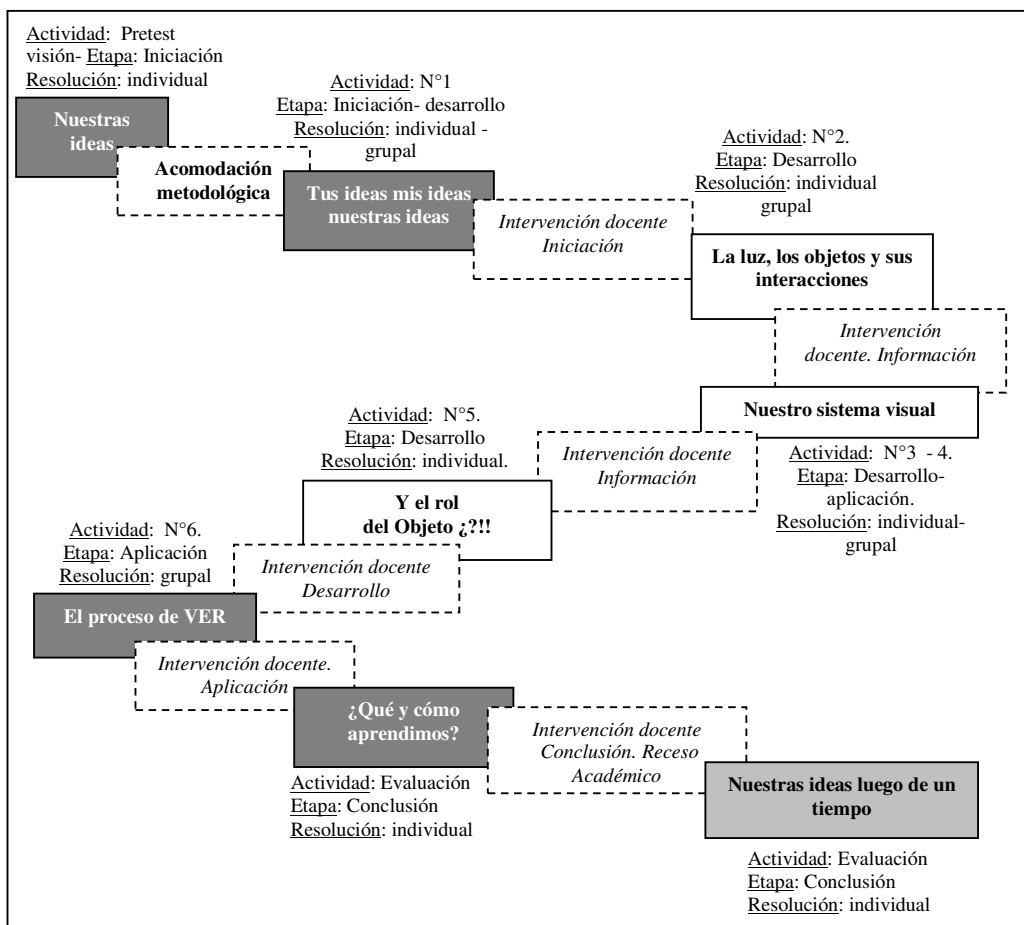


Figura 7.1. Actividades involucradas en la propuesta de enseñanza en relación a ala VISIÓN

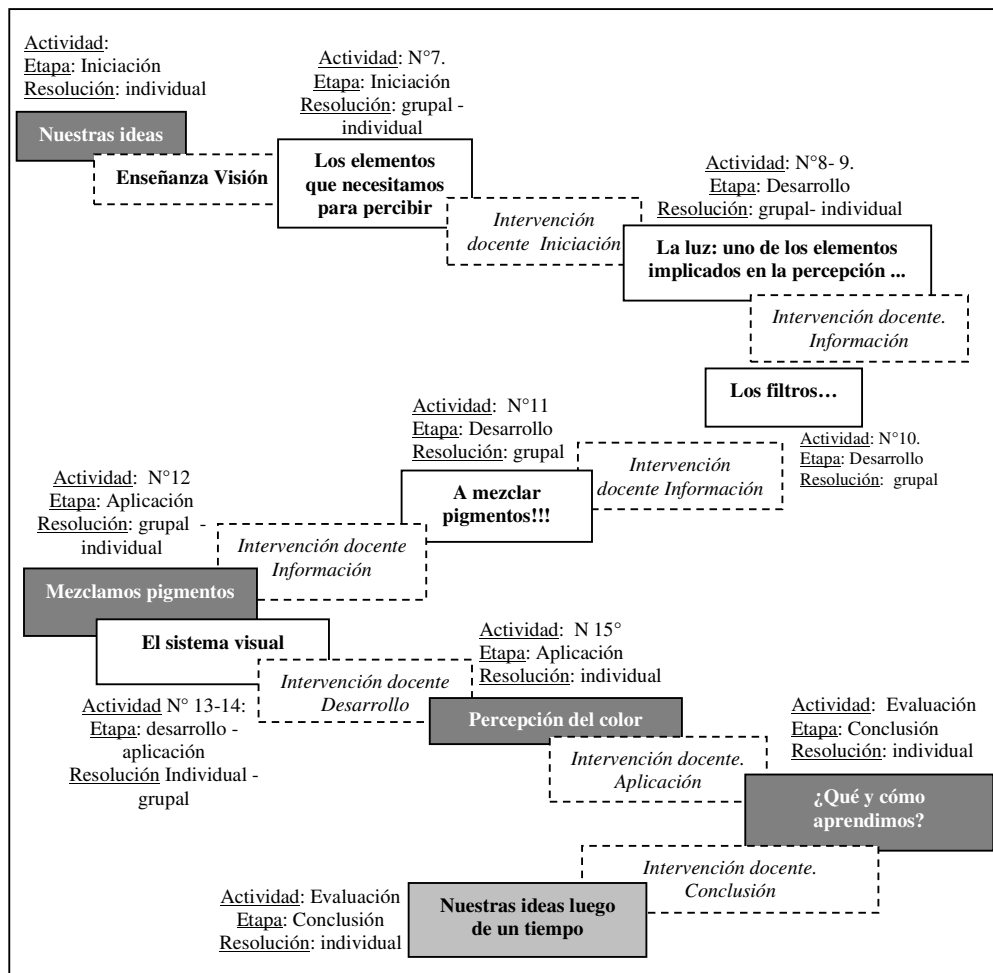


Figura 7.2. Actividades involucradas en la propuesta de enseñanza en relación a ala COLOR

2. SEGUNDA PARTE. Resultados

Estudiamos en primera instancia el aprendizaje experimentado por los estudiantes respecto al proceso de visión, para luego realizar un análisis análogo en relación al aprendizaje de los modelos que la ciencia propone para explicar la percepción del color.

1.1. Los modos de interpretar la visión en los distintos momentos de instrucción

En la tabla 7.1. se presenta el tipo de concepción (identificado en función de las distintas categorías de respuestas ya definidas y presentadas con antelación) que cada estudiantes utilizó con mayor frecuencia para elaborar sus explicaciones respecto del proceso de visión, en las distintas instancias de análisis.

Alumno	Inicial	Desarrollo	Aplicación	Conclusión
21	I	II	III	IV
14	I	II	III	IV
16	II	II	III	IV
26	I	III	IV	IV
17	I	III	IV	IV
23	I	III	IV	IV
15	I	III	III	IV
29	I	II	IV	IV
8	I	II	IV	IV
11	I	II	I	IV
19	II	I	II	III
2	I	II	III	III

Tabla 7.1: Uso de distintas concepciones, por parte de cada alumno, a lo largo de la instrucción

Se puede observar que en la **instancia inicial**, previo a la implementación de la propuesta didáctica, todos los alumnos explican el proceso de visión en términos intuitivos. Un 83% explica que “vemos porque tenemos ojos” (categoría I) y un 17% concibe que para ver “además de mirar el objeto la luz debe iluminarlo” (categoría II).

La mayoría de los estudiantes, entonces, utiliza una concepción que hemos caracterizado con principios ontológicos, epistemológicos y conceptuales de estado, realismo ingenuo y hecho o dato, pudiéndose representar su modo de conocer según el esquema conceptual de la figura 7.3

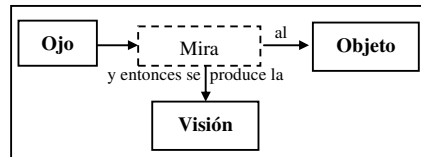


Figura 7.3: Esquema conceptual que representa al modo de conocer involucrado en la Categoría I

En cambio, sólo una minoría de los estudiantes formula en este momento concepciones caracterizadas por principios ontológicos, epistemológicos y conceptuales de estado, realismo ingenuo y causalidad lineal simple. El modo de conocer compartido por estos pocos estudiantes queda representado en el esquema de la figura 7.4.

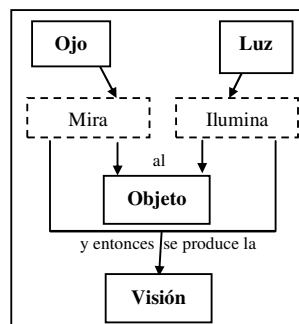


Figura 7.4: Esquema conceptual que representa al modo de conocer involucrado en la Categoría II

En cambio, en la **instancia de desarrollo** se observa que la mayoría de los alumnos ya reconoce también a la luz como un elemento indispensable para ver (y no sólo a los ojos con su función de mirar) En tal sentido un 60% le atribuye a dicha radiación la función de iluminar el objeto, y el modo de razonar implicado se corresponde al presentado en la figura 7.4.

Por su parte, un 42% de los alumnos explica el proceso de la visión a partir de la concepción subyacente a la categoría III otorgándoles a la luz ya no sólo el “rol” de iluminar, sino también el de interaccionar con los objetos, a través del proceso de reflexión difusa. A esta concepción la hemos caracterizado por principios ontológicos y conceptuales de proceso y causalidad lineal múltiple, implicando un proceso superador del principio epistemológico de realismo ingenuo. El modo de conocer compartido por estos alumnos se representa en el esquema conceptual propuesto en la figura 7.5.

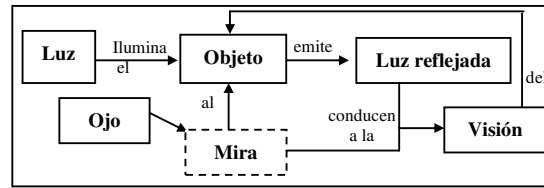


Figura 7.5: Esquema conceptual que representa al modo de conocer involucrado en la Categoría III

Si bien en este esquema aparece el proceso físico de reflexión en la superficie del objeto, no se percibe la comprensión central de que independientemente de dónde dirige la “mirada” el sujeto, es fundamental que llegue parte de esa luz reflejada al ojo del observador, como condición necesaria para que el objeto sea percibido por el sujeto.

Se observa también que sólo un 8% de los estudiantes usan la idea subyacente a la categoría I (figura 7.3) en este momento.

En la **instancia de aplicación**, se halla que la mayoría de los estudiantes utilizan modelos coherentes con los de la ciencia. Así, un 42% explica a partir de la idea subyacente a la categoría III lo que implica asumir que para ver “el observador debe mirar hacia el objeto el cual refleja difusamente parte de la luz que incidió en él (figura 7.5). Otro 42% de los estudiantes, en tanto, ya explica el proceso de visión en términos del modelo sistémico propuesto por la ciencia escolar (atendiendo no sólo a las interacciones que se establecen entre la luz y los objetos sino también a las que se establecen entre la luz reflejada y el sistema visual). La concepción compartida por ellos estaría caracterizada por principios ontológicos y conceptuales de sistema e interacción. El modo de conocer asociado puede representarse según el esquema conceptual propuesto en la figura 7.6.

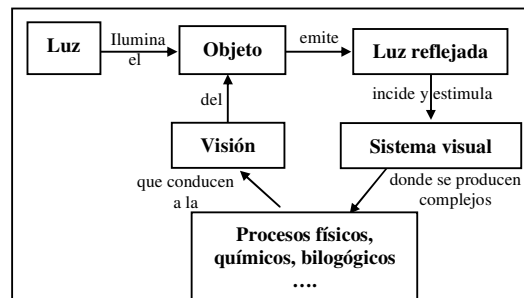


Figura 7.6: Esquema conceptual que representa al modo de conocer involucrado en la Categoría IV

El porcentaje de alumnos que aún sigue utilizando ideas intuitivas (categoría I o II) en esta instancia resulta bastante bajo (17%)

Finalmente, en la **instancia de conclusión**, el 83% de los estudiantes usa la concepción propuesta por la ciencia (figura 7.6), el resto usa el modelo subyacente a la categoría III el cual si bien resulta incompleto no es incorrecto en el contexto de la ciencia escolar (figura 7.5). Además se puede observar que ningún alumno utiliza en este momento final ideas de naturaleza intuitiva o cotidiana.

Lo dicho hasta aquí permite entonces concluir que conforme avanza la instrucción los modelos compartidos por la mayoría de los alumnos van ganando complejidad, sistematización y abstracción, en un proceso de paulatino acercamiento al modo de conocer característico de la ciencia escolar.

Pero si bien se observa que todos los alumnos experimentan un cambio radical que les permite dejar de explicar los fenómenos en términos de hechos – datos y estados (categorías I) para explicarlos en función de causalidades lineales múltiples y procesos o sistemas e interacción (categorías III o IV) no todos experimentaron las mismas transiciones entre categorías conceptuales y otológicas y menos aún entre las mismas instancias de análisis.

Con el fin de hallar patrones de cambios experimentados con mayor frecuencia por los alumnos estudiamos los cambios observados entre dos momentos de análisis consecutivos: inicial – desarrollo; desarrollo – aplicación y aplicación - conclusión.

1.2.- Los Cambios en los modos de conocer

1.2.1.- Cambio observados entre las instancias: INICIAL - DESARROLLO

A partir de estudiar el modelo compartido por cada uno de los estudiantes en la instancia inicial y desarrollo, detectamos tres pautas de cambio. En la tabla 7.2 presentamos las mismas, indicando los alumnos que la experimentan y el porcentaje que ellos representan del total de los participantes. A su vez representamos en dicha tabla (haciendo uso de los esquemas conceptuales presentados con antelación) los modos de conocer involucrados en los distintos cambios.

PAUTAS DE CAMBIO EN EL APRENDIZAJE DE VISIÓN (Iniciación – Desarrollo)		
Alumnos y Modelos involucrados		
CV ₁	<p>Categoría I</p>	<p>Categoría II</p>
	Porcentaje de alumnos: 50%	Alumnos: A21,2,11,29,8,14.
CV ₂	<p>Categoría I</p>	<p>Categoría III</p>
	Porcentaje de alumnos: 33%	Alumnos: A15, 26,17,23
CV ₃	<p>Categoría II</p>	<p>Categoría I</p>
	Porcentaje de alumnos: 8%	Alumnos: A19
SV ₁	SIN CAMBIO: Permanencia de ideas intuitivas basadas en causalidades lineales simples (Categoría II)	
	Porcentaje de alumnos: 8%	Alumnos: A16

Tabla 7.2: Cambios observados entre las instancias INICIAL y DESARROLLO

El primero de los cambios que se presentan en la tabla (Pauta de cambio CV₁), resulta ser el más representativo dado que fue experimentado por el 50% de los alumnos. El mismo implica el paso de concebir el proceso de visión desde un modo de razonar netamente monovariado a otro, que si bien no resulta menos intuitivo que el anterior, sí es más complejo en función del número de variables explícitamente reconocidas (con él se reconocen no sólo a los ojos sino también a la luz), y por concebírselas relacionadas en términos de causalidades lineales simples (“la luz ilumina el objeto” y “el ojo mira”) y ya no en función de hechos o datos (“veo porque tengo ojos”).

Vale recordar que la actividad analizada aquí la realizan los alumnos inmediatamente después de que se abordaran explícitamente en clase, temáticas relacionadas con la naturaleza de la luz, su propagación y las interacciones que se dan al incidir en distintos objetos.

El haber guiado a los alumnos a “pensar en la luz”, en el contexto de clase de ciencia, habría propiciado el hecho de que la mayoría la reconozcan como indispensable en el proceso de la visión y la incorporen explícitamente en sus explicaciones (pese a que todavía no se había abordado explícitamente la función de la luz en el contexto de ver). Es éste un aspecto más que relevante en lo que se refiere al proceso de construcción de un modelo coherente con el de la ciencia para explicar cómo vemos, dado que consideramos que es indispensable.

Vale destacar aquí entonces, la importancia de no asumir a priori, en los procesos de enseñanza, que los alumnos comparten y asumen un hecho tan cotidiano como el saber que “para ver no basta sólo con los ojos (y con que el observador mire)”, sino que también es necesario, indispensable, que la luz ilumine el objeto. El hecho de asumir a priori que comparten esta idea implicaría no abordarla en clase de ciencias, y esto podría haber sido perjudicial para estos estudiantes que, en su camino hacia el aprendizaje del modelo de la ciencia, comparten y proponen este modelo alternativo (incompleto e intuitivo) como plausible para explicar cómo vemos. Un modelo, por otra parte (tal como veremos en el siguiente punto), que fue utilizado por ellos como base para construir otro más complejo y coherente con el de la ciencia (por lo que habría resultado para estos alumnos más que relevante el reconocimiento previo de las variables involucradas en el proceso de ver).

Como consecuencia, podemos asumir la importancia de que se diseñen instancias durante la instrucción en las que se analicen explícitamente todas las variables, hechos o datos, a las que resulta indispensable atender para concluir con la elaboración de un modelo sistémico (por más cotidiano que sea el hecho o dato a compartir), dado que esto permite a los alumnos activar concepciones que quizá ya compartían pero no podían relacionar o utilizar en el contexto de las clases de ciencia. Pero a su vez también permitirá a los estudiantes explicitar de manera más completa sus ideas iniciales, ser concientes de lo que realmente conocen, o bien directamente comenzar a reconocer mayor número de variables a las que atender para explicar el fenómeno analizado.

Pero entre la instancia inicial y desarrollo ya se han estudiado las interacciones que se producen entre la luz y los objetos, en concreto los procesos de absorción, transmisión y reflexión difusa. Sin embargo, para los estudiantes que experimentan el cambio descrito hasta aquí, estos fenómenos no fueron significativos en tanto no hallaron relación con el proceso de visión, dado que no utilizan los modelos abstractos que permiten interpretar la interacción luz – materia para elaborar sus explicaciones, sino que se limitaron, como ya hemos mencionado, a explicar que la función de la luz es la de “iluminar” el objeto para que se lo pueda ver, pero no hacen alusión a que entre ésta y el objeto se llevan (o pueden llevarse) a cabo distintos procesos físicos. En tal sentido el rol que le asignan al objeto es sumamente pasivo y se limita al de “estar físicamente” delante del observador, de modo que si “el objeto no estuviera, no habría nada que ver” o “si el objeto no está dentro del campo visual del observador no se lo verá”.

Es justamente en estos aspectos que se diferencia el cambio experimentado por los alumnos agrupados aquí con el involucrado en la Pauta de cambio CV₂. A este segundo patrón de cambio lo experimentan un 33% de los alumnos y resulta mucho más radical que el primero, ya que conlleva pasar de concebir el fenómeno de la visión en términos netamente intuitivos a concebirlo en función de las interacciones que se producen entre la luz y la materia, a las cuales las explican en términos de modelos abstractos y coherentes con los propuestos por la ciencia. Dado que inicialmente estos estudiantes utilizaban concepciones basadas en hechos o datos y estados, y ahora lo explican en términos de causalidades lineales múltiples y procesos, se puede describir el cambio experimentado en su modo de conocer como una compleja reconstrucción orientada hacia un cambio radical, a través del cual no sólo se evidencia una modificación de los

principios ontológicos y conceptuales sino también un proceso superador del principio epistemológico de realismo ingenuo. Esto dado que no sólo se reconocen las “invisibles y no intuitivas” interacciones que se establecen entre los objetos y la luz, sino que a su vez se las explican en términos de modelos abstractos (cuyo reconocimiento e interpretación no deriva de la información que pueden ser aportada directamente por los sentidos).

Trabajar en clase de ciencias aspectos relativos a la naturaleza y propagación de la luz, como así también los fenómenos de absorción, transmisión y reflexión difusa ayudó a que estos alumnos no sólo reconocieran a esta radiación como indispensable para ver los objetos (en tanto debe incidir en ellos e iluminarlos), sino que también guió la construcción de un modo de conocer mucho más complejo, al incorporar al objeto como otra variable a la que atender y asignarle una función activa: la de absorber y reflejar parte de la luz incidente. El sistema visual (como es lógico en función de las temáticas abordadas en clase hasta el momento) sigue teniendo el rol inicialmente impartido: el de mirar (pero ahora “mira” los procesos que se llevan a cabo fuera del observador, al interaccionar la luz con el objeto)

De esta forma, entonces, los estudiantes van construyendo un modo de conocer más abstracto y sistémico conforme avanza la instrucción. Pero dado que la mayoría de los alumnos no pudo aún utilizar la idea de reflexión difusa en el contexto de ver, se hace necesario realizar un abordaje recurrente de los modelos analizados en clase a fin de otorgar a todos los alumnos el tiempo necesario para poder ir construyendo y aprendiendo a aplicar dicho modelo en distintos contextos de forma paulatina. Como es sabido (y se comprueba aquí una vez más) no todos los individuos aprenden de la misma manera, en relación principalmente al tiempo e instancias de enseñanza que requieren para ello.

En relación con el problema antes mencionado se observa que pese a la instrucción implementada entre la instancia inicial y de desarrollo un 8% de los alumnos sigue usando las ideas subyacentes a la categoría II que ya compartían en la instancia anterior (Pauta de Cambio SV₁). Y otro 8% de los estudiantes pasa de explicar la visión en términos de dichas ideas a explicarlo en función de las subyacentes a la categoría I (Pauta de Cambio CV₃). Es decir que no se producen cambios que impliquen una complejización de su modo de conocer, sino que siguen explicando el proceso de visión en términos intuitivos y/o de manera análoga a lo que lo hacían en la instancia inicial.

I.2.2.- Cambio observados entre las instancias: DESARROLLO - APLICACIÓN

En la tabla 7.3 presentamos las distintas pautas de cambio, indicando los alumnos que la comparten y el porcentaje que ellos representan del total de los estudiantes participante.

PAUTAS DE CAMBIO en el APRENDIDAJE DE VISIÓN. (Desarrollo- Aplicación)					
Alumnos y Modelos involucrados					
CV ₁	<table border="1"> <tr> <td>I</td> <td>II</td> </tr> <tr> <td>Porcentaje de alumnos: 8%</td> <td>Alumnos: A19</td> </tr> </table>	I	II	Porcentaje de alumnos: 8%	Alumnos: A19
I	II				
Porcentaje de alumnos: 8%	Alumnos: A19				
CV ₄	<p>Porcentaje de Alumnos: 33%</p> <p>Alumnos: A21, A14, A2, A16</p>				
CV ₅	<p>Porcentaje de Alumnos: 25%</p> <p>Alumnos: A21, A17, A23</p>				
CV ₆	<p>Porcentaje de alumnos: 17% de los alumnos</p> <p>Alumnos: A29, A8</p>				
CV ₃	<table border="1"> <tr> <td>II</td> <td>I</td> </tr> <tr> <td>Porcentaje de alumnos: 8%</td> <td>Alumnos: A11</td> </tr> </table>	II	I	Porcentaje de alumnos: 8%	Alumnos: A11
II	I				
Porcentaje de alumnos: 8%	Alumnos: A11				
SV ₂	<p>SIN CAMIBOS: permanencia de Modelos “Intermedios” (Categorías III)</p> <p>Porcentaje de alumnos: 8%</p> <p>Alumnos: A15</p>				

Tabla 7.3: Cambios observados entre las instancias DESARROLLO Y APLICACIÓN

Entre estas instancias se observa *nuevamente* un proceso de construcción desde el uso de las ideas subyacentes a la categoría I al uso de concepciones subyacentes a la categoría II (Pauta de cambio CV₁). Como decíamos, este proceso no implica un cambio radical en el modo de conocer de los alumnos, sino la incorporación explícita de variables a la idea o explicación inicial, lo que conlleva a que se utilice una concepción que, aunque más elaborada, sigue teniendo naturaleza intuitiva. Este cambio es representado sólo por el 8% de los estudiantes.

También se vuelve a observar que un 8% de los alumnos experimenta el cambio involucrado en la Pauta de cambio CV₃, que implica haber pasado de explicar que vemos porque la luz ilumina el objeto a explicar que vemos, simplemente, porque el observador mira. Este cambio, es nuevamente representado por un bajo porcentaje de alumnos (8%).

Es decir que estos estudiantes (16% del total) no ha experimentado un cambio en su modo de conocer, que implique acercarse al saber de la ciencia, sino que siguen elaborando sus explicaciones en base a un saber intuitivo.

Pero esta no es la situación de la mayoría de los alumnos. Sino por el contrario, podemos observar en la tabla 7.3 que los cambios más significativos (en función del porcentaje de alumnos que los experimentan) condujeron a la construcción de modos de conocer cada vez más complejos. Así lo muestran las transiciones implicadas en las pautas de cambio CV₄, CV₅ y CV₆.

El cambio involucrado en la Pauta de cambio CV₄ resulta ser el más significativo ya que está representado por un 33% de los alumnos (todos los demás son experimentados por menores porcentajes). El mismo implica pasar de explicar el fenómeno de visión en término intuitivo (categoría II) a concebirlo en términos de un modelo que aunque incompleto resulta correcto en el contexto de la ciencia escolar (categoría III). Este cambio implica pasar de razonar en términos de causalidades lineales simples a razonar en término de causalidades lineales múltiples y procesos (modos éstos más característicos de la ciencia que del saber intuitivo).

Así, el hecho de que se abordaran en clase nuevamente los modelos de la ciencia que permiten explicar la interacción luz – materia y se la relacionara explícitamente con el proceso de ver, permitió a estos alumnos (que en la instancia anterior recurrían a un razonamiento intuitivo basado en casualidades lineales simples) llegar a utilizar en la

instancia de aplicación un modelo más complejo y coherente con el de la ciencia escolar.

Pero vale insistir que previo a este momento de análisis, también se habían abordado en clase de ciencias la interacción luz reflejada – sistema visual en el contexto del acto de ver. Sin embargo estos estudiantes que usan por primera vez el modelo incompleto (como así también un alumno que ya lo había usado en la instancia anterior) no logran incorporar a sus concepciones esta compleja noción. Tal como se ha discutido en secciones anteriores, este hecho no nos llama la atención dado el distanciamiento conceptual y ontológico que separa a la concepción intuitiva, en la que la única función del ojo es la de mirar el objeto, de la de la ciencia que implica concebir que para ver la luz reflejada por el objeto de incidir y estimular al sistema visual.

A su vez, lo dicho vuelve a dejar en evidencia que el aprendizaje se realiza de forma paulatina y que los tiempos e instancias de enseñanza requeridos y necesarios para los alumnos no son los mismos. Esta conclusión está también apoyada por el hecho de que se observan entre las instancias de desarrollo y aplicación cambios que sí “dan origen” a la construcción de las ideas de la ciencia escolar, como son los involucrados en las pautas de cambio CV₅ y CV₆.

En lo que se refiere a los cambios que conducen a la construcción del modelo de la ciencia escolar, es el involucrado en la Pauta de cambio CV₅ el más significativo por estar representado por el 25% de los alumnos. El mismo implica pasar de explicar en término del modelo subyacente a la categoría III, a partir del cual se concibe que el objeto refleja difusamente parte de la luz que incide en él y es gracia a ello que lo vemos, a otro que difiere del anterior porque considera que el sistema visual se activa cuando la luz reflejada por el cuerpo incide en él y lo estimula. Es decir, es un cambio que implica ampliar y complejizar el modelo “incompleto” construido hasta el momento, otorgándole al sistema visual un rol activo en el proceso de ver. Pero a su vez supone también un cambio radical, ya que se deja de explicar el fenómeno en términos de causalidades lineales múltiples y procesos, para explicarlo a partir de una concepción caracterizada por principios ontológicos y conceptuales de sistemas e interacción.

Pero al haberse construido previamente otra concepción menos compleja que ésta (la involucrada en la categoría III) podemos pensar que este patrón de cambio sigue apoyando la idea de un aprendizaje *paulatino* (ya que no se pasa directamente de un saber intuitivo a uno “científico”). Aunque, como siempre, hay excepciones, tal como lo

evidencia la Pauta de cambio CV₆. Este cambio implica el paso de concebir el fenómeno en términos intuitivos y a partir de un modo de razonar basado en causalidades lineales simples (idea subyacente a la categorías II) a considerar el proceso de la visión como producto de múltiples interacciones entre la luz, el sistema visual y los objetos (idea de la ciencia escolar subyacente a la categoría IV). Esta transición, a diferencia de la anterior, no involucra la construcción, como “intermediario” (entre el saber intuitivo y el saber de la ciencia escolar) al modelo incompleto subyacente a la categoría III, lo que se traduciría en que el aprendizaje experimentado por estos alumnos no sea tan gradual y paulatino. No obstante vale aclarar que dicho patrón de cambio no es tan frecuente como el anterior, ya que está representado sólo por el 17% de los alumnos.

A fin de culminar el análisis que venimos realizando, resta estudiar la situación hallada al comparar las instancias de aplicación y conclusión

I.2.3.- Cambio observados entre las instancias: APLICACIÓN - CONCLUSIÓN

Las pautas de cambio experimentadas por los alumnos entre las instancias de **aplicación y conclusión**, se presentan en la tabla 7.4.

PAUTAS DE CAMBIO EN EL APRENDIZAJE DE LA VISION (Aplicación – Conclusión)					
Alumnos y Modelos involucrados					
CV ₄	<table border="1"> <tr> <td style="text-align: center;">II</td> <td style="text-align: center;">III</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><i>Porcentaje de Alumnos: 8%</i></td> <td style="text-align: center;"><i>Alumnos: A19</i></td> </tr> </table>	II	III	<i>Porcentaje de Alumnos: 8%</i>	<i>Alumnos: A19</i>
	II	III			
<i>Porcentaje de Alumnos: 8%</i>	<i>Alumnos: A19</i>				
CV ₅	<table border="1"> <tr> <td style="text-align: center;">III</td> <td style="text-align: center;">IV</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><i>Porcentaje de Alumnos: 33%</i></td> <td style="text-align: center;"><i>Alumnos: A21, A14, A16, A15</i></td> </tr> </table>	III	IV	<i>Porcentaje de Alumnos: 33%</i>	<i>Alumnos: A21, A14, A16, A15</i>
	III	IV			
<i>Porcentaje de Alumnos: 33%</i>	<i>Alumnos: A21, A14, A16, A15</i>				
CV ₆					
	<table border="1"> <tr> <td style="text-align: center;"><i>Porcentaje de Alumnos: 8%</i></td> <td style="text-align: center;"><i>Alumnos: A11</i></td> </tr> </table>	<i>Porcentaje de Alumnos: 8%</i>	<i>Alumnos: A11</i>		
<i>Porcentaje de Alumnos: 8%</i>	<i>Alumnos: A11</i>				
SV ₂	<p style="text-align: center;">SIN CAMBIO: Permanencia de modelos “intermedios” (Categoría III)</p> <table border="1"> <tr> <td style="text-align: center;"><i>Porcentaje de Alumnos: 8%</i></td> <td style="text-align: center;"><i>Alumnos: A2</i></td> </tr> </table>	<i>Porcentaje de Alumnos: 8%</i>	<i>Alumnos: A2</i>		
	<i>Porcentaje de Alumnos: 8%</i>	<i>Alumnos: A2</i>			
SV ₃	<p style="text-align: center;">SIN CAMBIO: Permanencia de modelos ciencia escolar (Categoría IV)</p> <table border="1"> <tr> <td style="text-align: center;"><i>Porcentaje de Alumnos: 42%</i></td> <td style="text-align: center;"><i>Alumnos: A26, A17, A23, A29, A8</i></td> </tr> </table>	<i>Porcentaje de Alumnos: 42%</i>	<i>Alumnos: A26, A17, A23, A29, A8</i>		
	<i>Porcentaje de Alumnos: 42%</i>	<i>Alumnos: A26, A17, A23, A29, A8</i>			

Tabla 7.4. Cambios observados entre la instancia de APLICACIÓN y la de CONCLUSIÓN

Aquí se observa que el cambio más significativo, en función del porcentaje de alumnos que lo experimentan (33%), es el que implica pasar de concebir el fenómeno en términos de causalidades múltiples y procesos, para concebirlo en términos de sistemas e interacciones (Pauta de cambio CV₅). Los alumnos involucrados aquí, logran finalmente construir este modelo sistémico, pero requiriendo de más tiempo e instancias educativas que aquellos que ya lo había aplicado en la instancia de aplicación y lo siguen aplicando en la de conclusión (SV₃). Para estos estudiantes que lograron aplicar por primera vez en este momento final la idea de la ciencia, resultaron más que necesarias y relevantes las instancias de enseñanza implementadas entre las etapas de aplicación y conclusión. Instancias de enseñanza que implicaron la intervención docente para volver a presentar, a modo de síntesis, los aspectos más relevantes analizados durante todo el proceso de enseñanza y guiar la atención de los estudiantes sobre la potencialidad explicativa del modelo sistémico frente a los modos de explicar

alternativos, “incorrectos y/o incompletos” (en el contexto de la ciencia); como también fueron relevantes los momentos que se les otorgaron a estos alumnos para estudiar, de forma individual y en un tiempo extraescolar, los temas abordados.

Otro de los cambios observados aquí y que también se habían detectado entre las instancias anteriores, es el implicado en la Pauta de cambio CV₆, que (al igual que el anterior) implica un cambio que conlleva dejar de explicar el proceso de visión en términos de causalidades lineales simples y estados (idea subyacente a la categoría II) para explicarlo en términos de causalidades múltiples y procesos (ideas subyacentes a la categoría III). Dicho patrón de cambio es representado ahora por un 8% de los alumnos.

Finalmente, se observa un cambio no detectado hasta el momento que es el subyacente a la Pauta de cambio CV₇. El mismo, implica dejar de explicar el fenómeno en términos netamente intuitivos (categoría I) para pasar a concebirlo directamente, en función de la idea de la ciencia escolar (categoría IV). Este cambio guarda alguna similitud con el involucrado en la pauta de cambio CV₆ ya que involucra uno que no implica la construcción de modelos “intermedios” entre el saber intuitivo y el de la ciencia. La única diferencia entre los mismos es que el observado en primera instancia, los alumnos partían de concepciones basadas en causalidades lineales simples, y el reconocimiento de al menos dos variables (la luz y los ojos), y en el que se halla en este momento, parten de ideas basadas en hecho o datos y el reconocimiento de una sola variable como involucrada e imprescindible para que se lleve a cabo el proceso de ver (los ojos). Nuevamente los datos hallados indican que este tipo de transición no es de las más frecuentes ya que se encuentra representado por un porcentaje bajo (8%)

En último lugar, se observa que todos los estudiantes que en la instancia de aplicación habían logrado usar las ideas de la ciencia escolar, siguen haciéndolo en esta instancia final. En este caso entonces, la permanencia de uso del sistémico modelo se ve representado por el 42% de los alumnos (SV₂). En tanto sólo un 8% sigue usando el modelo intermedio que había construido en instancias anteriores, sin poder llegar a compartir el de la ciencia escolar (SV₃).

I.2.3.- Análisis de resultados

Hemos observamos hasta aquí que para la última etapa analizada todos los estudiantes han experimentado un cambio en su manera de conceptualizar el proceso de visión, hacia el uso de modelos cada vez más cercanos a los de la ciencia, que implican la activación de modos de razonar cada vez más complejos y plurivariados. A su vez, pudimos observar que no son idénticos los patrones de cambio que experimenta cada alumno para llegar a construir el saber de la ciencia escolar, ni tampoco el tiempo y/o la cantidad y tipo de actividades de enseñanza requerido y necesario para ello. De cualquier modo insistimos que lo que más frecuentemente se observa es la construcción paulatina hacia una manera de conocer cada vez más completa, compleja y coherente con la de la ciencia.

Independizarnos del momento en que se llevaron a cabo los distintos tipos de cambios, nos permitirá identificar con mayor claridad cuáles fueron los más frecuentes, para así poder concluir acerca de las características más relevantes y generales del proceso de aprendizaje que experimentaron estos estudiantes conforme avanzó la instrucción.

En tal sentido pudimos observar que:

- al paso de explicar el fenómeno en término de las ideas subyacentes a la **categoría I** a explicarlos en términos de la **categoría II**, lo experimentó un **33% de los alumnos**. Esto significa que durante su aprendizaje incorporan paulatinamente los elementos involucrados en el proceso de ver y de compartir una concepción que implica asumir que para ver son suficientes los ojos, se pasa a otra a partir de la cual se reconoce que no sólo es necesario mirar sino también que la luz ilumine el objeto. Es decir, el 33% de los alumnos experimentan un cambio en su modo de conocer pasando de un razonamiento mono conceptual y basado en hecho o dato a otro basado en causalidades lineales simples.
- un **33% de los alumnos** experimentó el paso del uso de un razonamiento “estático” (**categoría I**), guiado por el saber cotidiano y basado en principios ontológicos y conceptuales de hecho o dado y estado (“veo porque miro”) a otro coherente con el de la ciencia escolar que implica explicar el fenómeno en término de causalidades lineales múltiples y procesos (“la luz ilumina el objeto, el objeto refleja la luz, el observador mira el cuerpo”) y atender a modelos abstractos que implican concebir las “no intuitivas e invisibles” interacciones

que se producen entre la luz y la materia (**categoría III**). En el mismo los estudiantes incorporan simultáneamente a la luz y los objetos como variables a las que es necesario atender para explicar el proceso de visión en términos de la ciencia y en la nueva concepción se les otorgan funciones más bien activas, en tanto la luz no sólo debe iluminar el objeto sino interaccionar con él, quien absorbe y refleja difusamente parte de la radiación que le llegó.

- al paso de concebir la visión en términos de la idea subyacente a la **categoría II** (que implica asumir que vemos porque tenemos ojos y la luz ilumina el objeto) a concebirlo en función de la noción implicada en la **categoría III** (que como dijimos ésta resulta aunque incompleta “correcta”), lo experimentó un **25% de los estudiantes**. Esto implica que se incorpora al objeto como una variable a la que atender para explicar el proceso de visión (sumándolo a los ojos y a la luz que previamente ya eran reconocidas como tales) y se le otorga roles activos en tanto se concibe y explica usando los modelos abstractos de la ciencia, la interacción luz – objeto.
- el **58% de los alumnos** experimentó el paso de concebir al proceso de visión en términos de la reflexión difusa que se da al interaccionar la luz con el objeto (**categoría III**), a concebir dicho proceso perceptivo como producto de múltiples interacciones que involucra a la anteriormente mencionada pero también a la que se produce entre la luz reflejada y el sistema visual (**categoría IV**).

En tanto, los cambios que se llevaron a cabo con menor frecuencia, implican pasar de concebir el proceso de la visión en términos netamente intuitivos (*categorías I*) o de concebirlo a partir de relaciones de causalidad lineal simple (*categoría II*) a concebirlos según lo propuesto por la ciencia escolar (*categoría IV*). Dichos cambios están representados por el *8%* y *17%* de los estudiantes, respectivamente.

Estos resultados nos llevan a concluir que los alumnos durante su proceso de aprendizaje tiende a ir **incorporando paulatinamente** en sus explicaciones a los distintos **elementos** involucrados en el proceso de la visión, para luego comenzar a **integrarlos** de manera dual, primero a la luz y los objetos (a través del proceso de iluminación o de reflexión) y luego a la luz reflejada y el sistema visual. Así, inicialmente los alumnos tienden a explicar en términos netamente intuitivos (categoría I, especialmente). Luego la mayoría de ellos pasa a compartir la idea subyacente a la categoría II, reconociendo explícitamente la importancia de la luz en el proceso de ver o

directamente pasa a utilizar un modelo coherente con el de la ciencia, pero incompleto (categoría III), a partir de la cual no solo se atienden a la importancia de la luz sino también a la del objeto y a la necesaria interacción que entre ellos se debe producir para que se lleve a cabo la visión. Finalmente la mayoría construyen el modelo de la ciencia escolar (categoría IV), a partir de complejizar y completar el subyacente a la categoría III.

A modo de ejemplo de lo dicho hasta aquí se pueden citar las explicaciones que el alumno A21 fue dando en las distintas instancias.

Instancia inicial: *“Podemos ver porque tenemos un sentido que es la vista, en él intervienen los ojos, que son los principales elementos”*

Instancia de desarrollo: *“La luz sirve para iluminar al objeto, si ésta no estaría no lo podríamos ver, el sistema visual es el que se encarga de que veamos, si este tiene algún problema no vemos. Por último, si el objeto no estuviese no lo veríamos porque no estaría”*

Instancia aplicación: *“Si ponemos un cartón entre nuestros ojos y la hoja no podemos verla ya que el cartón es un cuerpo opaco y absorbe y refleja la luz que refleja la hoja sobre él. Si tapamos la hoja con un folio la podemos ver ya que es un cuerpo transparente y deja que la luz sea transmitida”*

Instancia de conclusión: *“El nene que está atrás de la ventana ve al que está de espalda porque la luz que refleja el niño (de espalda) pasa a través del vidrio que es un cuerpo translúcido y permite transmitir la luz, y llega a los ojos del niño de afuera. El otro chico no puede verlo porque la luz que refleja el que está atrás de la ventana no llega a sus ojos debido a que está de espaldas y la luz le llega ahí (a la espalda) y éste la absorbe y una parte refleja”. ... “Si cerrara los ojos no podría ver porque la luz que los objetos reflejan no puede llegar a nuestros ojos para que se pongan en funcionamiento los procesos”*

Finalmente, en la figura 7.7 se presentan los rasgos comunes y más generales observados respecto de los patrones de cambios que los alumnos experimentan en el arduo tránsito del paso de concepciones intuitivas a concepciones coherentes con las de la ciencia.

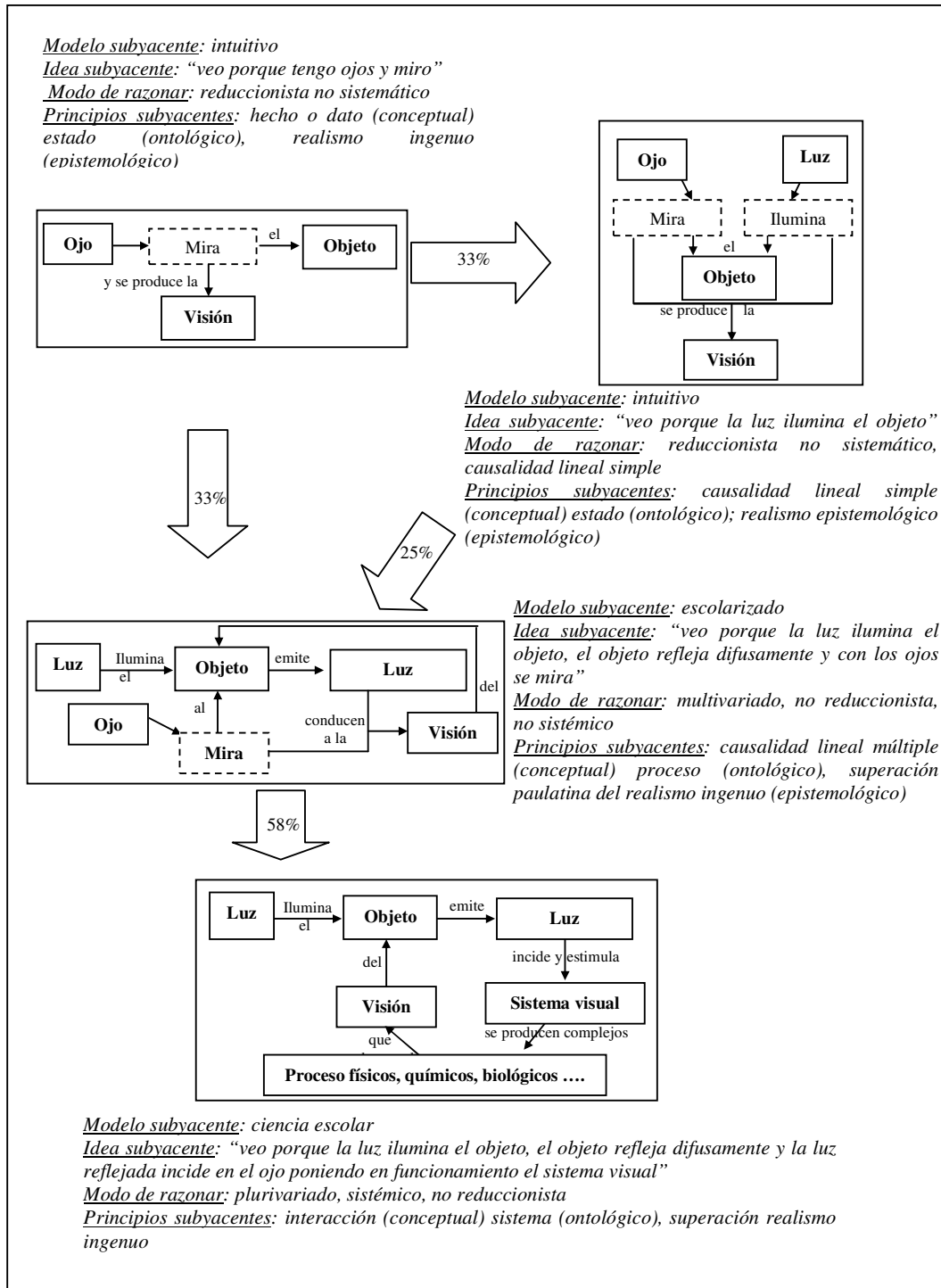


Figura 7.7: Cambio de categorías más REPRESENTATIVOS experimentado por los alumnos

1.3. CONCLUSIONES

Los datos obtenidos hasta aquí permiten observar que los alumnos tienden a construir modelos intermedios (entre el saber intuitivo y el de la ciencia escolar) durante su proceso de aprendizaje lo que indicaría, en concordancia con lo propuesto por otros autores (como por ejemplo Delval, 1995; Galili y Bar, 1997 y Pozo y Gomez Crespo, 1998) que el mismo es un proceso paulatino y que no conlleva un cambio brusco o revolucionario del modo de conocer.

El primer modelo construido, que si bien no deja de ser intuitivo pero sí resulta más complejo que el subyacente a la categoría I (a partir de la cual se explica que vemos porque simplemente miramos) implica considerar explícitamente a la luz en el proceso de ver, otorgándole la función de iluminar, en tanto el objeto y el sistema visual siguen teniendo roles pasivos. Pero la construcción de esta idea implica el cambio de modos de razonar basados en hechos o datos y estados, a otros más complejos basados en causalidades lineales simples (la luz ilumina el objeto, el ojo mira el objeto).

Como etapa intermedia entre estos modelos intuitivos y el propuesto por la ciencia, los alumnos tienden a construir otro que implica considerar que vemos porque el objeto refleja difusamente parte de la luz que incide en él (tal como lo hallaron Bravo, Pesa y Colombo, 2001). En este modelo, se le otorga un rol “activo” al objeto y a la luz en el proceso de ver (a diferencia de la etapa inicial), en tanto el sistema visual sigue tendiendo una función pasiva: la de “mirar”. Este modelo supera a los intuitivos en distintos aspectos. La luz, deja de tener la función sólo de iluminar el cuerpo para que el ojo lo capte. En contrapartida con ello, esta causalidad simple se convierte en una múltiple al interpretar que esa luz incide en el objeto y luego se refleja. Es decir se concibe que el objeto cumple un rol que va mucho más allá de “tener que estar porque sino no se vería nada”.

Como ya hemos justificado con antelación, con la propuesta didáctica se buscó justamente que en primera instancia los alumnos construyan una idea coherente con la de la ciencia respecto de la interacción luz – materia. Esto porque consideramos que resulta conceptual y ontológicamente más sencillo reconocer las interacciones que se dan entre los cuerpos y la luz que las que se dan entre ella y el sistema visual. Los resultados obtenidos aquí apoyarían esta premisa, ya que la mayoría de los alumnos incorpora con aparente “facilidad” la interacción luz - objeto a sus explicaciones. Tal es así que uno de los primeros cambios observados (que fue experimentado por el 66% de

los alumnos a lo largo de la instrucción) implicó justamente dejar de concebir la visión en términos intuitivos para interpretarlo en función de la idea subyacente a la categoría III. En tanto hallamos que la interacción luz – sistema visual fue mucho más difícil de “aceptar” por parte de los alumnos, tal como lo mostraría el hecho de que aún en la etapa de aplicación un alto porcentaje de alumnos no logran compartir todavía la idea de la ciencia escolar, pese a que se habían realizado entre esta instancia y la de desarrollo múltiples y diversas actividades tendientes a estudiar el funcionamiento del sistema visual y su interacción con la luz reflejada por los objetos durante el acto de ver.

Pero a su vez, concebimos de suma importancia la construcción del modelo subyacente a la categoría III porque considerábamos (ya desde el diseño de la propuesta) que a partir de él y del reconocimiento de que el sistema visual reacciona ante la luz (segunda interacción que se aborda en la propuesta didáctica), los alumnos podrían construir sólida y significativamente el modelo de la ciencia escolar. Los datos obtenidos aquí evidencian justamente que este cambio es posible y que la construcción por esta vía de un modelo coherente con el de la ciencia, conduce a un aprendizaje significativo, y con ello a que no se retomen las iniciales ideas intuitivas luego de la instrucción. Esto porque observamos que una vez construida la idea de la ciencia escolar, a partir de estos mecanismos de cambio, la tendencia es a no “abandonarla” sino a seguir utilizándola con consistencia a lo largo del tiempo. Lo dicho queda en evidencia por un lado con el hecho de que los estudiantes que lograron construir las y aplicarlas para la instancia de aplicación, las usaron con consistencia en la de conclusión. Pero a su vez, y pese a que no nos ocupamos aquí de la instancia demora porque lo que nos interesan son los patrones de cambio que se observan durante la instrucción, creemos oportuno comentar que de los estudiantes que experimentaron este aprendizaje, la mayoría (86%) sigue usando el modelo de la ciencia aún en dicho momento (esto es, luego de haber transcurrido tres meses desde la culminación de la propuesta de enseñanza). Y quienes no lo utilizan, no recurren a ideas intuitivas sino al modelo intermedio construido durante la instrucción. Consideramos entonces más que contundentes estos hechos como indicativos de que la manera de aprender experimentada por estos estudiantes conduce a un aprendizaje significativo.

A continuación realizamos un análisis análogo al realizado hasta aquí, intentando evidenciar e interpretar el aprendizaje experimentado por los estudiantes respecto del fenómeno de percepción del color.

II.1. Los modos de interpretar el fenómeno del color en los distintos momentos de instrucción

En la tabla 7.5 se presenta el tipo de concepción que cada uno de los estudiantes que participan de este estudio de caso, utilizó con mayor frecuencia para elaborar sus explicaciones respecto del proceso de percepción del color en las distintas instancias de análisis.

Alumno	Inicial	Desarrollo	Aplicación	Conclusión
19	I	I	III	III
17	I	I	III	IV
26	I	I	II	III
11	I	III	II	III
15	I	III	III	III
29	I	III	III	III
14	I	III	III	III
21	I	III	III	IV
8	I	III	III	IV
16	I	III	III	IV
2	I	III	N.E.	III
23	I	IV	IV	IV

Tabla 7.5: Uso de distintas concepciones, por parte de cada alumno, a lo largo de la instrucción

El análisis de los datos presentados en la tabla, a lo largo de las distintas columnas, permite identificar y describir el tipo de conocimiento que los estudiantes utilizan en los distintos momentos de instrucción.

Así podemos observar que en la **instancia inicial**, previa a la implementación de la propuesta didáctica, todos los alumnos explican el proceso de percepción del color en términos netamente intuitivos, que implican asumir que vemos objetos de determinado color “porque están hechos o pintados así” (categoría I). A partir de esta concepción se asume que el color se ve (al igual que cualquier otra *característica* del objeto) cuando el objeto está iluminado y el observador lo mira.

En tal sentido el 100% de los alumnos que participan en este estudio de caso, presentan una concepción construida en base al sentido común y la experiencia cotidiana, a la que subyace un razonamiento monovariado, reduccionista y no sistémico. A su vez dicha concepción está caracterizada por principios ontológicos y conceptuales de hecho o dato y estado y epistemológico de realismo ingenuo. El modo de conocer

compartido por los estudiantes, puede ser representado según el esquema conceptual de la figura 7.8.

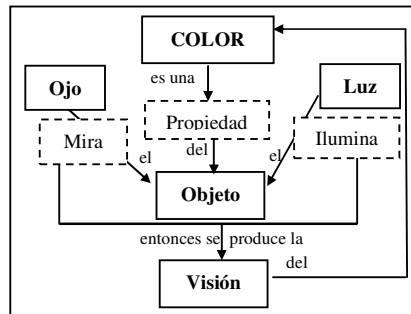


Figura 7.8: Esquema conceptual que representa a la concepción subyacente a la categoría I

En la **instancia de desarrollo** en tanto, observamos que la mayoría de los alumnos (67 %) utilizan un modelo coherente con el de la ciencia pero incompleto, a partir del cual explican que vemos objetos de distintos colores, porque están reflejando luz de distintas características. Desde esta concepción, se concibe que el color está exclusivamente determinado por las características espectrales de la luz reflejada selectivamente por los objetos. En tanto el sistema visual adoptaría un rol pasivo: el de mirar los procesos que ocurren “fuera del observador” y dan “origen” al color. Este modo de conocer está caracterizado por principios ontológicos y conceptuales de procesos y causalidad múltiples. Así, la concepción compartida por estos estudiantes puede representarse según el esquema conceptual de la figura 7.9

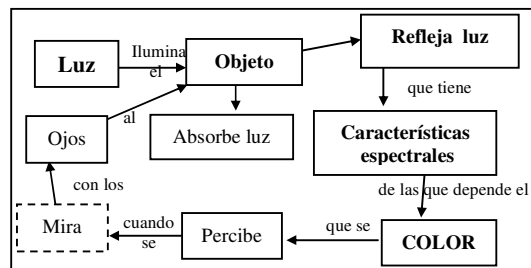


Figura 7.9: Esquema conceptual que representa a la concepción subyacente a la categoría III

Sólo un 8% de los alumnos logra en esta instancia usar la idea de la ciencia escolar para explicar cómo y porqué percibimos objetos de determinados colores. La concepción compartida por esta minoría de estudiantes está caracterizada por principios ontológicos y conceptuales de sistema e interacción y el concebirla implica un proceso

superador del epistemológico de realismo ingenuo. Su uso en tanto, conlleva la activación de modos de razonar no reduccionistas sino sistémicos y multivariados. El modelo subyacente a este modo de conocer se presenta en la figura 7.10.

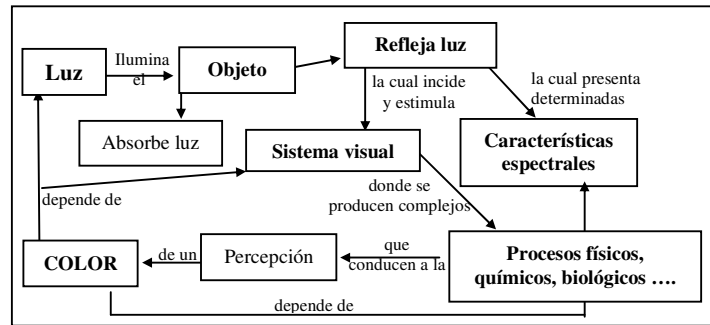


Figura 7.10: Esquema conceptual que representa a la concepción subyacente a la categoría IV

El resto de los alumnos, que representa el 25 % del total, sigue usando la idea netamente intuitiva, cuyo modelo subyacente se presentó en la figura 7.8.

En la **instancia de aplicación**, y pese a que el modelo de la ciencia escolar fuera presentado de manera completa y explícita por parte del docente ante el gran grupo (lo que implica haber analizado de manera sistémica las interacciones luz – materia y luz – sistema visual), la mayoría de los estudiantes (el 67% del total) hacen uso del modelo subyacente a la categoría III (figura 7.9)

En tanto sólo un 8% de los alumnos responde a esta actividad haciendo uso del modelo de la ciencia escolar (figura 7.10)

Finalmente, y a diferencia de lo observado al estudiar el aprendizaje de la visión, en esta etapa hay un 8% de alumnos que no resuelven esta actividad y un 17% que la responden sólo parcialmente (contestan a tres de las cinco problemáticas planteadas) Respecto a este hecho son múltiples las variables que pueden haber influido. La complejidad del tema, la extensión de la propuesta de enseñanza, la no motivación por el estudio de este fenómeno, la cercanía temporal de la finalización del ciclo escolar, puedan ser algunas de ellas.

Cuando el mencionado 17% de estudiantes responde parcialmente a la actividad, usan ideas incorrectas e incompletas que implican considerar que el color depende, exclusivamente de las características de la radiación que incide en el objeto (categoría II). Esta manera de conceptualizar el fenómeno del color, implica asumir, por ejemplo, que independientemente de las características del cuerpo y de las del sistema visual del

observador, el color percibido queda determinado por las características de la radiación incidente. Así cualquiera sea el objeto iluminado con luz amarilla se verá amarillo. El modo de conocer asociado a esta concepción se representa en la figura 7.11.

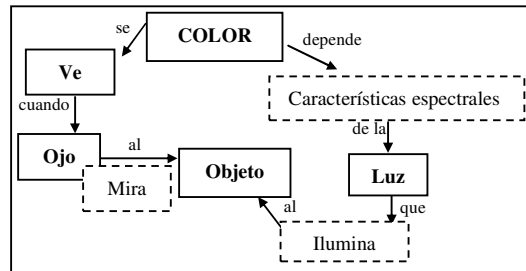


Figura 7.11: Esquema conceptual que representa a la concepción subyacente a la categoría II

Finalmente, en la **instancia de conclusión**, el 42% de los alumnos usó el modelo de la ciencia escolar subyacente a la categoría IV (figura 7.10) y el 58% el modelo subyacente a la categoría III (figura 7.9). Es decir que en este momento final, un considerable porcentaje de alumnos tiende a utilizar modos de razonar sistémicos y plurivariados, concibiendo las complejas interacciones que se dan entre la luz, el sistema visual y los objetos. En tanto la mayoría de estos estudiantes tiende a usar modos de razonar menos complejos que éstos, pero más coherentes con el saber científico que con el intuitivo, ya que se basan en causalidades lineales múltiples y procesos, e implican explicar el fenómeno del color en términos de modelos abstractos propuestos por la ciencia. Vale destacar a su vez que ningún alumno tiende a usar ideas intuitivas en esta instancia de conclusión.

Lo dicho hasta aquí permite observar que conforme avanza la instrucción, los modelos compartidos por los alumnos van ganando complejidad, sistematización y abstracción, en un proceso de paulatino acercamiento al modo de conocer de la ciencia escolar. Pero si bien se observa que todos los alumnos experimentan un cambio radical que les permite dejar de explicar los fenómenos en términos de hechos – datos y estados para explicarlos en función de causalidades lineales múltiples y procesos o sistemas e interacción no todos experimentaron las mismas transiciones entre categorías conceptuales y otológicas y menos aún entre las mismas instancias de análisis.

Con el fin de hallar patrones de cambios experimentados con mayor frecuencia por los alumnos estudiamos los cambios observados entre dos momentos de análisis consecutivos: inicial – desarrollo; desarrollo – aplicación y aplicación - conclusión.

II.2. Los Cambios en los modos de conocer

II.2.1. Cambios observados entre las instancias: INICIAL - DESARROLLO

A partir de estudiar el modelo compartido por cada uno de los estudiantes en las instancias inicial y desarrollo, detectamos dos grandes pautas de cambio, como así también hallamos que un grupo de alumnos no experimenta cambio alguno entre las instancias analizadas. En la tabla 7.6 presentamos la situación hallada, indicando los alumnos que experimentaron las distintas pautas de cambio y el porcentaje que ellos representan del total de los estudiantes participantes.

PAUTAS DE CAMBIO EN EL APRENDIZAJE DEL COLOR (Iniciación – Desarrollo)	
Alumnos y Modelos Involucrados	
CC ₁	<p style="text-align: center;">Categoría I</p> <p style="text-align: center;">Categoría III</p>
Porcentaje de Alumnos: 67%	Alumnos: A11,15,29,14,21,8,16,2
CC ₂	<p style="text-align: center;">Categoría I</p> <p style="text-align: center;">Categoría IV</p>
Porcentaje de Alumnos: 8%	Alumnos: A23
SC ₁	<p>SIN CAMBIO: Permanencia de modelos intuitivos (Categoría I)</p>
Porcentaje de Alumnos: 25%	Alumnos: A19, A17, A26

Tabla 7. 6: Cambios observados entre las instancias INICIAL y DESARROLLO

El primer cambio observado (Pauta de Cambio CC₁) fue experimentado por el 67% de los alumnos. El mismo implica el paso de explicar el proceso de percepción del

color en términos netamente intuitivos a explicarlo en función de las interacciones que se producen entre la luz y el objeto, a las cuales las conciben en términos de modelos coherentes con los propuestos por la ciencia. Dado que inicialmente estos estudiantes utilizaban concepciones basadas en hechos o datos y estados, y ahora lo explican en términos de causalidades lineales múltiples y procesos, se puede describir el cambio experimentado en su modo de conocer como uno orientado a un cambio radical, a través del cual no sólo se evidencia una modificación de los principios ontológicos y conceptuales sino también un proceso superador del realismo ingenuo. En efecto, además de reconocerse las interacciones que se establecen entre los objetos y la luz (como son los procesos de absorción, transmisión y reflexión selectiva), se las explican en términos de modelos abstractos (superando la información que aportan directamente los sentidos y que conlleva a asumir que el color “está en el objeto” y es una propiedad del mismo). Si bien el modelo construido por estos estudiantes resulta incompleto (aunque no incorrecto) respecto del propuesto por la ciencia escolar, se convierte en una importante base conceptual para a partir de él (al complejizarlo y completarlo) construir el de la ciencia.

Vale destacar que para esta instancia de desarrollo se habían realizado múltiples actividades a partir de las cuales se estudiaron la naturaleza espectral de la luz y los fenómenos de absorción, transmisión y reflexión selectiva. Pero a su vez, y especialmente a partir de las intervenciones docentes ante el gran grupo, se fue abordando paulatinamente aspectos relacionados con la visión cromática.

Recordamos aquí, que realizar este tipo de abordaje, que implica atender en principio principalmente a la interacción luz – materia y gradual y paralelamente incorporar el estudio de la interacción luz – sistema visual se basa en la complejidad conceptual que presenta el modelo de la ciencia escolar debido a sus componentes altamente contra – intuitivos. Como ya se ha discutido con antelación, dichos componentes contra – intuitivos, se refieren al hecho no sólo de concebir que el color depende de las interacciones que se producen entre la luz y la materia (y no es entonces una propiedad del objeto) sino de considerarlo como un proceso perceptivo producto de la interacción entre la luz reflejada y el sistema visual.

Se decide comenzar con el estudio de la interacción luz – objeto dado que la consideramos más plausible de ser interpretada por los estudiantes, porque, entre otros aspectos, la misma permite su estudio experimental, hecho que los ayudaría a

interpretarla con menor dificultad. Los datos hallados aquí, corroboran esta premisa, ya que la mayoría de los alumnos experimentan entre la instancia inicial y de desarrollo un cambio radical que implica la construcción y utilización de la concepción que conlleva a explicar al color justamente en función de los procesos de absorción, transmisión y reflexión selectiva.

En tanto se decidió ir realizando un abordaje paulatino y gradual del funcionamiento del sistema visual y de su rol en el proceso de percepción del color, a fin de otorgarle a los alumnos tiempo e instancias múltiples para que puedan ir construyéndolo y superando la brecha ontológica que separa a su saber inicial con el que se pretende terminen construyendo.

Justamente los datos obtenidos entre las instancias inicial y de desarrollo muestran que la interpretación de la interacción luz – sistema visual y su importancia en la explicación del proceso de percepción del color, presenta una gran complejidad, dado que la mayoría de los estudiantes no la han incorporado todavía en sus explicaciones. En tal sentido, el sistema visual sigue teniendo para ellos el rol inicialmente impartido: el de mirar (pero ahora “mira” los procesos que se llevan a cabo fuera del observador, al interaccionar la luz con el objeto).

A su vez, no podemos dejar de evidenciar que un 25% de los alumnos siguen usando su conocimiento inicial pese al abordaje en clase de las temáticas mencionadas (SC₁). Este dato que vuelve a poner en evidencia, por un lado, el hecho de que no todos los alumnos requieren del mismo tiempo e instancia educativas para poder aprender. Pero por otro lado también evidencia que los modelos propuestos por la ciencia, aún los relativos a la interacción luz – materia, presenta para un porcentaje no despreciable de alumnos una alta complejidad, motivo por el cual es necesario e indispensable realizar el abordaje recurrente de los mismos a fin de otorgar a todos los estudiantes la posibilidad de construirlos y aprender a aplicarlos para resolver distintos problemas.

Finalmente, el patrón de cambio involucrado en la Pauta de Cambio CC₂ (que fue representado sólo por el 8% de los alumnos) implica pasar de concebir el fenómeno en términos intuitivos a explicarlos en función de la idea de la ciencia. Este patrón de cambio no involucra la construcción del modelo incompleto subyacente a la categoría III (como “intermediario”) por lo que el aprendizaje experimentado por estos alumnos no sería tan gradual y paulatino.

II.2.2. Cambio observados entre las instancias: DESARROLLO - APLICACIÓN

En la tabla 7.7 presentamos las distintas pautas de cambio, indicando los alumnos que la comparten y el porcentaje que ellos representan del total de los estudiantes participantes.

PAUTAS DE CAMBIO EN EL APRENDIZAJE DEL COLOR (Desarrollo- Aplicación)	
Alumnos y Modelos Involucrados	
CC ₁	III
<p>I</p> <p>Porcentaje de Alumnos: 17%</p>	<p>Alumnos: A19, A17</p>
<p>CC₃</p> <p>Categoría I</p> <p>Categoría II</p>	<p>Alumnos: A26</p>
<p>Porcentaje de Alumnos: 8%</p>	<p>Alumnos: A11</p>
<p>CC₄</p> <p>Categoría III</p> <p>Categoría II</p>	<p>Alumnos: A11</p>
<p>SC₂</p> <p>SIN CAMBIO: Permanencia de modelos “intermedios” (Categoría III)</p> <p>Porcentaje de Alumnos: 50%</p>	<p>Alumnos: A15, A29, A14, A21, A8, A16</p>
<p>SC₃</p> <p>SIN CAMBIO: Permanencia de modelos Ciencia Escolar (Categoría IV)</p> <p>Porcentaje de Alumnos: 8%</p>	<p>Alumnos: A23</p>

Tabla 7.7: Cambios observados entre las instancias DESARROLLO y APLICACIÓN

Entre estas instancias, se observa **nuevamente**, el tránsito desde el uso de las ideas subyacentes a la categoría I al uso de concepciones subyacentes a la categoría III (Pauta de cambio CC₁). Como decíamos, este proceso implica un cambio que involucra la

modificación de los principios ontológicos, conceptuales y epistemológicos. Este patrón de cambio, entre las instancias de desarrollo y aplicación, está representado por el 17% de los estudiantes.

Se observan a su vez dos “nuevas” pautas de cambio. Pero las mismas involucran a los estudiantes que no habían resuelto en forma completa la actividad de desarrollo que se analiza aquí, razón por la cual podría ponerse en tela de juicio la veracidad de los datos hallados. No obstante, los cambios implicados están representados por un bajo porcentaje de alumnos (8% cada uno) razón por la cual consideramos que los mismos no sesgarán las conclusiones finales a las que arribemos.

Dichas pautas de cambio se caracterizan por la construcción de un modelo incompleto e incorrecto que lleva a asumir que el color depende exclusivamente de las características de la luz incidente, y entonces, cualquiera sea el objeto y el observador, el cuerpo se vería del color de la luz que lo ilumina.

Así, la Pauta de Cambio CC₃, implica pasar de concebir que el color es un propiedad de la materia (categoría I) a concebirlo como consecuencia de las características de la luz que lo ilumina (categoría II). Como mencionábamos, este patrón de cambio está representado sólo por el 8% de los alumnos y no implica uno radical, sino que se refiere, en todo caso, a la incorporación explícita de una variable más (la luz) a la que atender al momento de explicar el fenómeno perceptivo.

La Pauta de Cambio CC₄, en tanto, implica dejar de concebir el fenómeno del color en función de las interacciones que se producen entre la luz y los objetos (categoría III) para concebirlo en función únicamente de las características espectrales de la radiación incidente (categoría II). Nuevamente dicho patrón de cambio está representado sólo por el 8% de los alumnos.

Por otra parte, consideramos que el hecho más significativo que se observa entre las instancias de desarrollo y aplicación es el relacionado con la permanencia del uso del modelo “intermedio” (SC₂). Esto es, se observa que el 50% de los estudiantes sigue usando, al igual que en la instancia anterior, el modo de conocer asociado a la categoría III que si bien no es incorrecto tampoco resulta completo, dado que se le sigue otorgando al sistema visual un rol pasivo, el de “mirar” hacia el objeto y en todo caso “ver, captar” la radiación reflejada por ellos.

Es decir que, pese a que ya entre la actividad de desarrollo y ésta de aplicación se había presentado el modelo sistémico propuesto por la ciencia, se habían otorgado

instancias para que se estudie particularmente al sistema visual, su influencia y rol en el proceso de percepción del color y con ello la necesaria interacción que se lleva a cabo entre él y la luz reflejada por los objetos cuando se produce la visión del color, la mayoría de los alumnos sigue usando el modelo a partir del cual sólo se atiende a las interacciones luz – materia (reflexión, absorción y transmisión selectiva). Es más, ningún alumno entre las instancias de desarrollo y aplicación experimenta un cambio radical que los lleve a pasar de explicar el fenómeno en términos de causalidades lineales múltiples y procesos a concebirlo en términos de sistema e interacción. Este hecho dejaría en evidencia nuevamente la complejidad conceptual que requiere la construcción de la noción sistémica propuesta por la ciencia escolar, y con ello concebir que el color es un fenómeno de percepción visual. Si bien estos alumnos habrían superado la idea netamente intuitiva que implica asumir que el color es una propiedad de la materia, ya que lo relaciona con la interacción luz – objeto, no logran reconocer la importancia del sistema visual en la percepción del color. El modelo “intermedio” entre el saber intuitivo y el de la ciencia escolar, parece resultarles lo suficientemente útil, pragmático y adecuado que lo siguen utilizando aún en la etapa de aplicación.

Finalmente se observa también que el bajo porcentaje de alumnos que había construido con antelación el modelo sistémico (subyacente a la categoría IV) lo sigue utilizando en este momento para explicar el fenómeno de percepción del color (SC₃).

A fin de culminar el análisis que venimos realizando, resta estudiar la situación hallada al comparar las instancias de aplicación y conclusión

II.2.3.- Cambio observados entre las instancias: APLICACIÓN - CONCLUSIÓN

Los patrones de cambio experimentados por los alumnos entre las instancias de aplicación y conclusión, se presentan en la tabla 7.8.

PAUTAS DE CAMBIO EN EL APRENDIZAJE DEL COLOR (Aplicación-Conclusión)	
Alumnos y Modelos Involucrados	
CC ₅	<p>Categoría II</p> <p>Categoría III</p>
Porcentaje de Alumnos: 17%	
Alumnos: A26, A11	
CC ₆	<p>Categoría III</p> <p>Categoría IV</p>
Porcentaje de Alumnos: 33%	
Alumnos: A21, A8, A16, A17	
SC ₂	<p>SIN CAMBIO: Permanencia de modelos “intermedios” (Categoría III)</p>
Porcentaje de Alumnos: 33%	
Alumnos: A15, A29, A14, A19	
SC ₃	<p>SIN CAMBIO: Permanencia de modelos Ciencia Escolar (Categoría IV)</p>
Porcentaje de Alumnos: 8%	
Alumnos: A23	

Tabla 7. 8: Cambios observados entre las instancias APLICACIÓN y CONCLUSIÓN

En dicha tabla podemos evidenciar dos “nuevos” patrones de cambio. Uno de ellos da “origen” al modelo subyacente a la categoría III y el otro al de la ciencia escolar. En tanto la permanencia del uso de la concepción “correcta e incompleta” sigue siendo de gran significatividad.

En la Pauta de Cambio CV₅ se agrupan los alumnos (17% del total) que en la instancia anterior, al responder sólo parcialmente a los problemas propuestos, usaron las ideas que en el contexto de la ciencia escolar resultan incorrectas e incompletas (las

subyacentes a la categoría II). Al usar en este momento final las involucradas en la categoría III habrían experimentado un cambio radical dado que pasaron de concebir el fenómeno de percepción del color en términos de causalidad lineal simple y estados a explicarlo en función de causalidades múltiples y procesos.

La Pauta de Cambio CV₆, en tanto, resulta ser la más significativa a juzgar por el número de los alumnos que la representan (33%). El patrón involucrado implica el paso de concebir el proceso de percepción del color en términos de la categoría III a explicarlo en función del modelo de la ciencia escolar (categoría IV). Este cambio entonces, es uno de tipo radical en tanto conlleva la modificación de los principios ontológicos y conceptuales desde unos de procesos y causalidades múltiples a otros de sistemas e interacción.

Para estos estudiantes, que lograron explicar por primera vez en este momento final el proceso de percepción del color en términos de la idea de la ciencia escolar, resultaron más que necesarias y relevantes las instancias de enseñanza implementadas entre las etapas de aplicación y conclusión. Instancias de enseñanza que implicaron la intervención docente para volver presentar, a manera de síntesis, los aspectos más relevantes analizados durante todo el proceso de enseñanza y guiar la atención de los estudiantes sobre la potencialidad explicativa del modelo sistémico frente a los modos de explicar alternativos, “incorrectos y/o incompletos”; como también fueron relevantes los momentos que se les otorgaron a estos alumnos para estudiar, de forma individual y en un tiempo extraescolar, los temas abordados.

Finalmente, se observa que los estudiantes que en la instancia de aplicación habían logrado usar las ideas de la ciencia escolar (porcentaje muy bajo por cierto), siguen haciéndolo en esta instancia final (SC₃). Y a su vez, un 33% de los alumnos sigue usando en este momento el modelo intermedio construido con antelación sin lograr, a partir de completarlo y complejizarlo, construir el de la ciencia escolar (SC₂)

II.2.3.- Análisis de resultados

Podemos concluir que para la etapa final de la instrucción, todos los estudiantes han experimentado un cambio radical en la manera de conceptualizar el proceso de percepción del color, hacia uso de modelos cada vez más cercanos a los de la ciencia y hacia la activación de razonamientos más complejos y plurivariados. A su vez, se pudo volver a observar que no son idénticos los patrones de cambio que experimenta cada alumno para llegar a construir estos modelos, ni tampoco el tiempo y/o la cantidad y tipo de actividades de enseñanza requerido y necesario para ello. No obstante lo que se observa con mayor frecuencia es el tránsito *paulatino* hacia una manera de conocer cada vez más completa, compleja y coherente con la de la ciencia y una gran *persistencia* del uso del modelo “intermedio”. En tanto no es frecuente el “paso” directo de las concepciones intuitivas a las de la ciencia, sino que previamente se suele construir dicho modelo intermedio (subyacente a la categoría III)

Así, si nos independizamos del momento en que los distintos cambios se producen, podemos observar que:

- el **75% de los alumnos** experimenta el paso del uso de un razonamiento “estático” (**categoría I**), guiado por el saber cotidiano y basado en principios ontológicos y conceptuales de hecho o dado y estado (“el color es una propiedad de la materia”) a otro coherente con el de la ciencia escolar que implica explicar el fenómeno en término de causalidades lineales múltiples y procesos (“el color depende de las características de la luz reflejada selectivamente por los objetos”) y atendándose a modelos abstractos que implican concebir las interacciones entre la luz y la materia (**categoría III**). En este cambio los estudiantes incorporan simultáneamente a la luz y los objetos como variables a las que atender para explicar el proceso de percepción del color y en la nueva concepción se les otorgan funciones más bien activas, en tanto la luz no sólo debe iluminar el objeto sino interactuar con él quien absorbe y refleja selectivamente parte de la radiación que le llegó.
- el **33% de los alumnos** experimenta el paso de concebir al proceso de percepción del color en términos de los procesos de absorción y reflexión selectiva, que se da al interactuar la luz con el objeto (**categoría III**), a concebir dicho proceso perceptivo como producto de múltiples interacciones que

involucra a la anteriormente mencionada pero también a la que se produce entre la luz reflejada y el sistema visual (**categoría IV**).

En tanto, los cambios que se llevaron a cabo con menor frecuencia, implican pasar de concebir el proceso de percepción del color en términos netamente intuitivos (*categorías I*) a concebirlos según lo propuesto por la ciencia escolar (*categoría IV*). Dicho cambio está representado por el *8% e los estudiantes*.

Finalmente la construcción del modelo subyacente a la *categoría II* como intermediario entre el saber intuitivo (categoría I) y el modelo correcto pero incompleto (categoría III) también resultó poco significativo ya que fue representado sólo por un *17% de los estudiantes*

Estos resultados entonces, nos llevan a concluir que los alumnos durante su proceso de aprendizaje tiende a ir **incorporando paulatinamente** en sus explicaciones, a los distintos **elementos** involucrados en el proceso de percepción del color, para luego comenzar **integrarlos** de manera dual, primero a la luz y los objetos (a través de los procesos de absorción y reflexión selectiva) y luego a la luz reflejada y el sistema visual. Así, inicialmente los alumnos tienden a explicar en términos netamente intuitivos (categoría I). Luego la mayoría de ellos pasa a utilizar un modelo coherente con el de la ciencia, pero incompleto (categoría III), a partir de la cual se concibe al color como consecuencia de las características espectrales de la luz reflejada selectivamente por los objetos. Finalmente de los estudiantes que lograron construir el modelo propuesto por la ciencia escolar, la gran mayoría lo hace a partir de complejizar y completar el subyacente a la categoría III.

En la figura 7.12 se presenta los rasgos comunes y más generales observados respecto del aprendizaje y patrones de cambios que los alumnos experimentan en el arduo tránsito del paso de concepciones intuitivas a otras cada vez más coherentes con las de la ciencia.

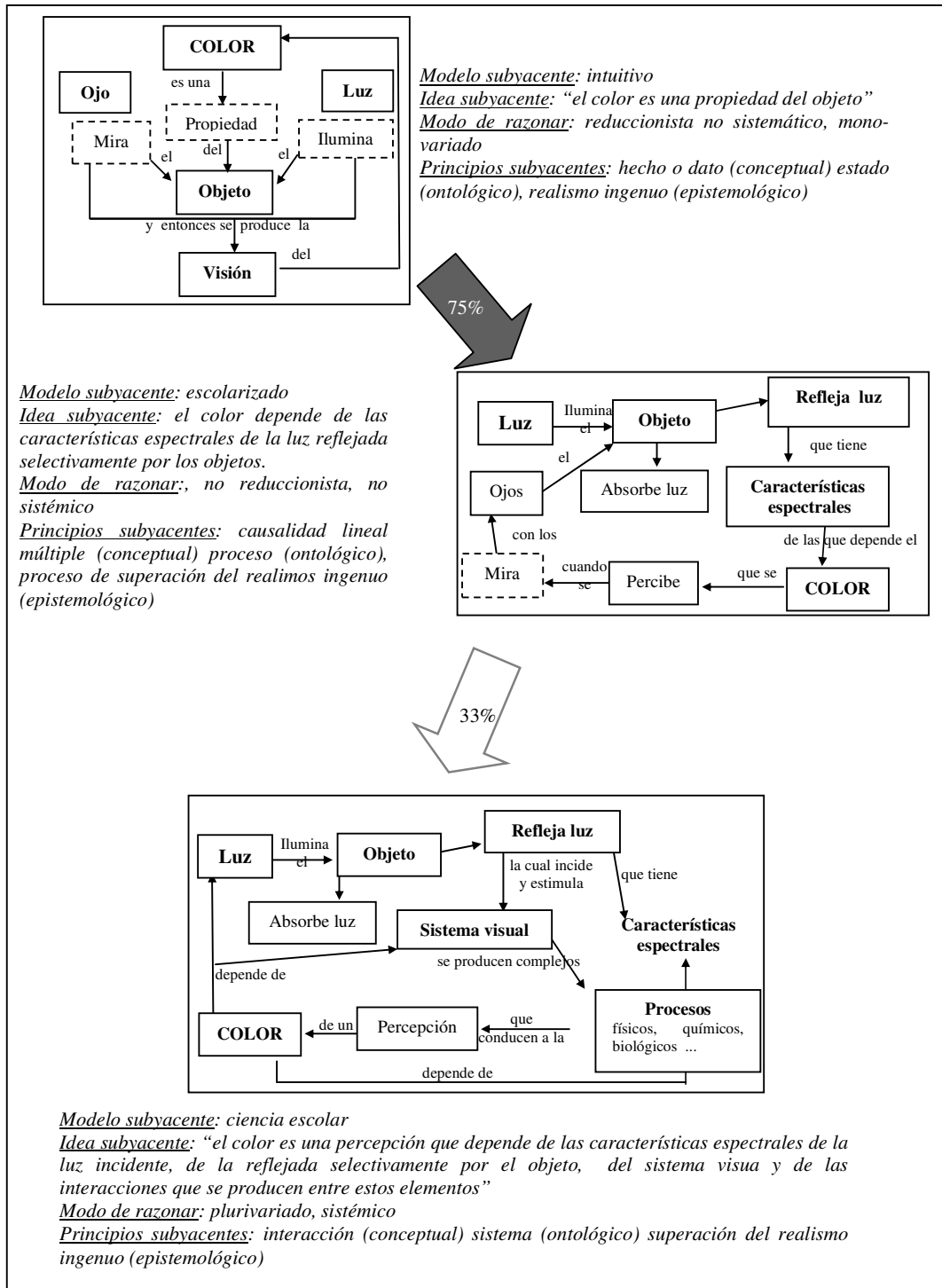


Tabla 7. 12: Cambio de Categorías experimentado por los alumnos

II.3.- CONCLUSIONES

Respecto del proceso de aprendizaje que experimentaron los alumnos cuando se implementó la propuesta didáctica que hemos diseñado relativa al fenómeno del color, hemos observado que éste resultó esencialmente similar al involucrado durante la construcción de los modelos de la ciencia respecto del proceso de visión.

Esto es, hemos hallado que la mayoría de los estudiantes durante la instrucción construyen un modelo que atiende a los tres elementos involucrados en los procesos perceptivos, pero reconocen explícitamente sólo a la interacción entre dos de ellos (luz – materia: reflexión, absorción, transmisión) otorgándole a la tercera un rol más pasivo (al sistema visual se le otorga la función de percibir lo que ocurre fuera de él), en concordancia con los ya citados resultados hallados por Bravo, Pesa y Colombo (2001).

Luego, es a partir de su complejización (al comenzar a concebir también la interacción luz – sistema visual) que un porcentaje considerable de alumnos construyen el modelo coherente con la de la ciencia

Observamos también que no implicaría extremado esfuerzo conceptual “aceptar” que el color percibido está relacionado con la interacción que se produce entre la luz y la materia (dado que la mayoría de los alumnos construyen esta idea a lo largo de la instrucción), pero sí implica una mayor complejidad pasar a concebir al color como una percepción (donde el rol del sistema visual es más que relevante). En tal sentido, observamos que el primer cambio importante se observa ya en etapas intermedias de la implementación de la propuesta, y es representado por un alto porcentaje de alumnos, pero el segundo recién en la de conclusión y no todos los estudiantes llegaron a compartir el modelo de la ciencia escolar.

Respecto a este punto, podemos concluir que el tiempo necesario para construir dicho modelo sería mucho mayor que el involucrado en el aprendizaje de la concepción de la ciencia respecto del proceso de visión, ya que aquellos alumnos que lograron compartirlo lo utilizan recién en la instancia de conclusión. En tanto en lo que respecta al proceso de visión, ya en la etapa de aplicación la tendencia era al uso de la idea de la ciencia escolar.

Como hemos analizado reiteradas veces, el principal problema que existiría al momento de construir una concepción coherente con la de la ciencia respecto de la visión del color, es que inicialmente no se tiende a concebirlo como un fenómeno perceptivo sino como una propiedad de cuerpo. De hecho, para la vida cotidiana el

color es algo que tienen los objetos naturales o artificiales y que con pigmentos se los logra cambiar. Por otra parte, la luz que ilumina los cuerpos cotidianamente es la radiación blanca, por lo que no es común que intuitivamente se tenga presente el cambio de percepción por el cambio de iluminación, y con ello la importancia de ésta en el proceso de percepción del color. Sumado a esto, las personas incapacitadas para percibir colores, son una minoría y no resulta frecuente conocer este hecho, y entonces reconocer con mayor facilidad que el sistema visual cumple una función indispensable en la percepción del color.

En definitiva, el color, intuitivamente, es algo que está en el objeto y fuera de nuestro cuerpo. Se asume que el mismo se ve cuando la luz ilumina el objeto y el observador lo mira, tal como se ve cualquiera de las otras cualidades del cuerpo a ver. Y en ausencia de luz, el color sigue existiendo en el objeto, aunque no se lo pueda ver, como no se ve “nada” si no está esta radiación.

Ante esta situación, con la propuesta didáctica (y de manera análoga a lo que se realizó para la enseñanza del proceso de visión) propusimos estudiar en primer término las características de la luz. Esto porque resulta indispensable que se reconozca su composición espectral. Además resulta experimentalmente sencillo y esencialmente atractivo para los alumnos el estudio de este tema. Así, una vez reconocida estas características de la luz, y basándose en los procesos ya estudiados acerca de su interacción con la materia, se propone el abordaje de los fenómenos de reflexión, transmisión y absorción selectiva. Este sería el primer gran cambio en la manera de concebir el fenómeno del color, ya que se pasaría de concebirlo como algo propio del cuerpo a considerar que dependería de su interacción con la luz y de las características de la luz reflejada. Este cambio, por implicar una importante transición de categorías ontológicas, conlleva una gran complejidad conceptual. No obstante, las actividades planteadas y experiencias realizadas, propician la construcción de este modelo intermedio (mucho más complejo que el intuitivo pero incompleto respecto del científico). Así lo muestran los resultados obtenidos en este estudio de caso, hallándose que más del 90% los estudiantes lo construyen durante la instrucción.

La premisa que sostuvimos al momento de diseñar la propuesta didáctica, implicaba considerar que a partir de este modelo, y del conocimiento de que las células fotosensibles (conos) presente en el ojo se estimulan y reaccionan ante la luz de determinados colores, conllevaría a la construcción del modelo de la ciencia escolar,

basado en éste intermedio. Pero, siempre fuimos conscientes que éste implica el cambio más radical. Porque no podemos dejar de tener en cuenta que la idea inicial conlleva una concepción muy sólida, sencilla y útil para los alumnos. En tanto el uso de esta nueva que se intenta construyan los estudiantes, implica la activación de modos de razonar complejos y la interpretación y aceptación de interacciones y modelos muy abstractos.

Esta situación, esta complejidad, se ve reflejada en nuestro estudio, en el hecho de que aún en la etapa de aplicación, donde el modelo de la ciencia ya había sido presentado por el docente y se habían realizado distintas actividades que implicaban su aplicación en diversas situaciones, un considerable porcentaje de estudiantes no lograron utilizarlo para resolver las situaciones planteadas, y en su lugar utilizaron el modelo intermedio. Este modelo que implica considerar que el color depende de la luz reflejada por los objetos, les resultaría menos complejo que el “científico” pero aparentemente más útil y asequible que su inicial concepción y entonces lo usan en distintos contextos y con alta consistencia.

No obstante, se observa que en la etapa de conclusión y luego de haberseles presentado el modelo de la ciencia escolar, haber discutido explícitamente con ellos las actividades propuestas en la etapa de aplicación y haberseles otorgado un tiempo extra que podían dedicar al estudio del tema, gran parte de los estudiantes logra aplicar dicho modelo.

Es decir, la propuesta didáctica habría potenciado también aquí la construcción paulatina de modelos cada vez más coherentes con la de la ciencia.

Pero, puesto que la mayoría de los estudiantes aplican el modelo de la ciencia recién en la etapa de evaluación, no podríamos afirmar que la construcción de esta concepción ha sido lo suficientemente sólida como para que los alumnos puedan aplicarla en diferentes contextos y luego de transcurrido un tiempo de concluida su enseñanza. Consideramos que el uso prolongado y consistentes de modelos construidos hacen a su estabilidad conceptual (hecho que observamos mientras estudiamos el aprendizaje del fenómeno de la visión). Creemos entonces, que estos alumnos se encontrarían en pleno proceso de transición entre un saber intuitivo y el propuesto por la ciencia escolar, cuando la instrucción se da por culminada. Pero, en función también de los cambios observados, consideramos que es poco probable que se retomen modelos intuitivos que a lo sumo, en lugar de usar el modelo de la ciencia escolar, tenderán a usar el modelo intermedio (coherente con aquel pero incompleto) construido como

producto de la instrucción. En tal sentido observamos, y tal como pasaba con el proceso de visión, que los estudiantes no vuelve a utilizar ideas netamente intuitivas o antagónicas con las de la ciencia durante la instrucción una vez construido los modelos más coherentes con los de la ciencia que con el saber cotidiano. Esta premisa queda confirmada con los datos obtenidos luego de transcurrido un tiempo desde la culminación de la instrucción, en la instancia demora. Así observamos que de los estudiantes que llegan a compartir la idea de la ciencia escolar al finalizar la instrucción, el 40% de ellos la sigue utilizando. Pero de aquellos que no logran usarlo en la instancia demora, no acuden a ideas intuitivas para explicar la percepción del color, sino al modelo “intermedio” basado en modos de razonar más coherentes con los de la ciencia que con los del saber intuitivo. A su vez la mayoría de quienes habían construido este modelo como instancia final en la instrucción (el 71% de ellos), lo sigue usando con el transcurrir del tiempo.

Finalmente, podemos concluir que los modos de razonar y concepciones de los alumnos han ido evolucionando con la instrucción desde unas basadas en hechos o datos construidos en base al sentido común y la experiencia cotidiana, a otras basadas en la consideración de complejas interacciones que se explican en términos de modelos conceptuales abstractos. Es decir que el aprendizaje ha sido, también en este contenido, paulatino. La permanencia en el tiempo es de éstas ideas y no de las intuitivas, las cuales son retomadas por un porcentaje muy bajo de alumnos luego de transcurrido el tiempo, hecho este que da cuenta de la significatividad de los cambios en el modo de conocer experimentados por los estudiantes.

Cabe destacar finalmente, que el uso de las concepciones incompletas respecto de la de la ciencia, que terminan compartiendo la mayoría de los estudiantes, implica un proceso superador del realismo ingenuo, principio epistemológico propio del modo de conocer cotidiano, ya que indicaría que estos estudiantes, si bien no han construido significativamente el modelo de la ciencia escolar, estarían transitando exitosamente el proceso de aprendizaje implicado en la construcción paulatina de las concepciones científicas. No obstante resulta indispensable hacer hincapié en la necesidad de seguir abordando esta temática en clases de ciencia para otorgar a todos los alumnos las instancias y tiempo necesario para acercarse cada vez más (y de manera paulatina) al saber de la ciencia, tan distante ontológica y conceptualmente del saber que inicialmente compartían los estudiantes.

III. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Dado los cambios observados en la manera de conocer de los alumnos, podemos concluir, tal como lo proponíamos en las hipótesis de este estudio que *la aplicación en el aula de la propuesta didáctica favoreció la paulatina construcción de ideas sobre la visión y percepción del color cada vez más acordes con la ciencia escolar, subyaciendo principios (conceptuales, ontológicos y epistemológicos) más cercanos a los que caracterizan el pensamiento científico*. Pudimos observar a su vez que luego de la instrucción, *la idea que tienden a utilizar los alumnos es justamente la que subyace al modelo de la ciencia escolar o una coherente con él, pero que no retoman las netamente intuitivas compartidas antes de la instrucción. Este mismo hecho se observa con el transcurso del tiempo. Así, en lo que respecta al proceso de visión, la mayoría de los alumnos siguen usando el modelo de la ciencia escolar construido durante la enseñanza, en tanto para explicar la percepción del color tienden a acudir a uno menos complejo pero coherente con él.*

Las concepciones que los alumnos fueron construyendo a lo largo de la instrucción, partieron de modelos intuitivos a los cuales subyacían modos de razonar reduccionistas y basados en hechos o datos y causalidades lineales simples, contruidos en basa al sentido común y experiencia cotidiana. Luego, con el estudio parcial de las características de los distintos elementos involucrados en los procesos perceptivos, y la interacciones duales que se daban entre ellos, fueron construyendo concepciones basadas en modos de razonar mas complejos a los que subyacen las causalidades múltiples y procesos. Se incorporaron en esta instancia modelos abstractos relacionados con las interacciones que se dan entre la luz y la materia. Finalmente, y a partir de este modelo intermedio, y con la inclusión en esta concepción de la interacción luz – sistema visual, como otra primordial en los procesos perceptivos, los alumnos construyen por lo general un modelo coherente con el de la ciencia, basado en modos de razonar sistémicos y no reduccionistas. Este cambio resulta de mayor complejidad conceptual que el anterior (paso de ideas intuitivas al modelo intermedio producto de la escolarización) hecho que deja de manifiesto el porcentaje de alumnos que retoman el anterior una vez utilizado este en algunas instancias, o que nunca llegan a poder utilizarlo con consistencia (esto se observa principalmente en lo que respecta al fenómeno de percepción del color). No obstante, también podemos concluir que una vez contruidos los modelos coherentes con los de la ciencia (ya sea el intermedio como el

de la ciencia escolar) y utilizado frecuentemente y con consistencia, no son abandonados para usar en su lugar una concepción intuitiva.

Para culminar... los mismos estudiantes, durante el proceso de autoevaluación de su propio aprendizaje expresan con sus palabras, a nuestro entender, lo mismo que hemos concluido hasta aquí...

A19: *“Yo antes pensaba que todo era así no más, y listo”.... “yo pensaba que las cosas eran de un color porque sí, y listo”.*

A29: *“Lo que podría decir de mi aprendizaje es que me ha servido mucho y que me gustó aprender. ... Es algo que hay que saberlo y que antes no entendía ni lo que yo misma decía”.*

A21: *“Al comparar las respuestas veo que antes de estudiar este tema eran muy incompletas y algunas erróneas y ahora puedo explicar de una manera más completa la manera de ver los objetos y como vemos los colores”.*

A26: *“Yo concluiría que cambió casi totalmente (mis ideas), aprendí mucho en este tema, además es interesante aprender de lo que nos pasa diariamente [...]”.*

A8: *“Mi aprendizaje ha avanzado, he notado un gran cambio con las respuestas que di anteriormente a las que doy ahora”.*

A19: *“mi conclusión sería que: capaz que yo antes daba una respuesta cotidiana, y ahora puede darme cuenta de cómo funciona el ojo, el objeto y la luz, y como se relacionan entre sí”*

A14: *“Podría concluir que desde el principio sabía muy poco, hasta ahora aprendí muchísimo y quiero seguir aprendiendo más...”.*

CAPITULO VIII

CONCLUSIONES GENERALES

Al comienzo de estas páginas, reflexionábamos acerca de que no parecería existir hoy un acuerdo unánime sobre qué significa aprender ciencias. Nos preguntábamos entonces:

- *¿qué características tiene el saber intuitivo compartido por los estudiantes?, y en relación con ello ¿por qué hay tantas dificultades para aprender ciencias?*
- *¿qué es lo que en realidad cambia durante el aprendizaje de las ciencias?*
- *¿qué tipos de procesos están implicados en ese cambio?*
- *¿qué estrategias instruccionales son eficaces para favorecer los procesos o cambios implicados?*

Si bien obviamente reconocemos que un único trabajo como el realizado aquí, no es suficiente para concluir sobre el aprendizaje y enseñanza de las ciencias en general, hemos intentado realizar un aporte concreto, respecto de cómo conocen y aprenden los estudiantes y qué tipo de estrategias didácticas favorecen dicho aprendizaje, al analizar puntualmente una de las temáticas que las ciencias estudian como lo es la visión y la percepción del color.

En este capítulo final de la Tesis, resta preguntarnos cuál fue nuestra contribución a este objetivo tan ansiado y ambicioso.

En primer término, podríamos destacar que la revisión bibliográfica realizada permitió observar que la enseñanza que tradicionalmente se implementa en clase de ciencias no propicia un aprendizaje como el deseado. En este sentido, numerosos autores concluyen que los alumnos, aún después de la instrucción, no suelen utilizar un saber coherente con el de la ciencia para explicar los procesos perceptivos de la visión directa de un objeto y la percepción del color.

Dicha indagación bibliográfica nos permitió observar también que los distintos autores basaban sus conclusiones en marcos teóricos muchas veces diferentes y realizaban trabajos metodológicamente distintos, lo que dificultaba poner un cierto orden respecto de qué se conoce en relación a la *manera* en que los estudiantes conciben los fenómenos mencionados. Pero a su vez hallamos que la mayoría de los estudios intentan principalmente dejar en evidencia esas concepciones (hecho más que valioso

por cierto), pero no se ahonda sobre su naturaleza, sobre las características subyacentes, lo que a nuestro entender, permitiría no sólo comprender la manera en que conocen nuestros estudiantes, sino también dilucidar qué procesos de cambio se deberían potenciar con la instrucción para favorecer el aprendizaje de las ciencias.

Probablemente un aporte original de esta Tesis, fue el tipo de análisis e interpretación que realizamos de las ideas de los estudiantes. En tal sentido, hemos caracterizado al conocimiento en general, a partir de principios ontológicos, epistemológicos y conceptuales, que determinarían la manera en que se interpretan los fenómenos y los modos de razonar que se activan ante una situación problemática. En el capítulo I, proponíamos que el saber intuitivo y el científico se diferencian notablemente en estos aspectos, a saber:

- desde el conocimiento cotidiano, el mundo se interpreta en función de estados de la materia, desconectados entre sí (principio ontológico: estado); se concibe que la realidad es como la vemos, y por ende lo que no se percibe no se concibe (principio epistemológico: realismo ingenuo); los fenómenos y hechos se describen en función de propiedades y cambios observables (principio conceptual: dato).
- desde el conocimiento científico, en tanto, los fenómenos se interpretan a partir del conjunto de relaciones complejas que forman parte de un sistema (principio ontológico: sistema); se concibe que el conocimiento es una construcción que nos proporciona modelos alternativos para interpretar la realidad pero que no son la realidad misma (principio epistemológico: constructivismo); las propiedades de los cuerpos y los fenómenos se interpretan como un sistema de relaciones de interacción (principio conceptual: interacción)

Con esta categorización *en mente* pudimos entonces, en el primer estudio, interpretar el modo de conocer de alumnos de Educación Secundaria Obligatoria y no Obligatoria, así como también de futuros docente de Ciencias Naturales de dichos niveles educativos. En concordancia con los resultados de otros autores, comprobamos que los alumnos no tienden a usar tras la instrucción un modo de conocer coherente con el de la ciencia. De hecho, los estudiantes utilizan con mayor probabilidad un saber intuitivo que les lleva a asumir que “vemos porque miramos” “vemos porque la luz ilumina el objeto y dirigimos la mirada hacia él”, el “color es una propiedad del cuerpo”. Al intentar evaluar los razonamientos, pudimos inferir que los alumnos tienden

a utilizar un modelo no sistémico y reduccionista, basándose en hechos o datos directamente observables, relacionando, en el mejor de los casos, las variables implicadas a partir de relaciones de causalidades simples (o múltiples) y concibiendo que los fenómenos ocurren tal como nuestros sentidos nos lo indican.

Estos resultados, entonces, nos permiten dar una respuesta, en función de nuestro marco teórico, a la primera de las cuestiones planteadas: *¿qué características tiene el saber compartido por los estudiantes?*. Por lo dicho, el modo de conocer intuitivo compartido por los estudiantes se puede caracterizar con principios ontológicos de estado, conceptuales de hecho o dato y epistemológicos de realismo ingenuo, ya que los estudiantes tienden a explicar la visión y el color en términos de lo que observan directamente, de la información aportada por los sentidos, concibiendo que el mundo es y se comporta tal como lo vemos.

Ahora bien, en el segundo capítulo de esta Tesis, analizábamos exhaustivamente cómo la ciencia explica estos fenómenos perceptivos. Podíamos entonces apreciar no sólo la complejidad conceptual y abstracción de los modelos propuestos, sino también su carácter sistémico, al atender de manera interrelacionada a las tres variables (luz, objeto, sistema visual) y al conjunto de interacciones que entre ellas se establecen.

Los resultados obtenidos respecto de cómo conocen los estudiantes antes de la instrucción, y el análisis científico mencionado, nos permiten dilucidar las diferencias que se establecen entre el saber intuitivo y el saber científico que se desea enseñar, lo que nos da lugar a su vez dar una respuesta a la segunda problemática planteada: *¿por qué presentan los estudiantes tantas dificultades para aprender ciencias?*. Entendemos que la dificultad radicaría en la brecha ontológica, epistemológica y conceptual que separa al saber inicialmente compartido por los estudiantes y el modo de conocer que se pretende construyan durante la instrucción. Brecha que necesariamente debe ser atendida con la enseñanza (y no suele ser así bajo una metodología tradicional).

Ahora bien, el reconocer estas diferencias entre el modo de conocer de los estudiantes y el de la ciencia escolar respecto de la visión y el color, nos alertó sobre qué cambios se deberían propiciar con la instrucción. Al respecto, en el capítulo I analizábamos teóricamente cuáles serían los implicados en el aprendizaje de las ciencias en general. En relación a ello y de manera muy sintética aquí, proponíamos que dicho aprendizaje implicaría:

- Superar el realismo ingenuo, para concebir de forma relacionadas las ideas intuitivas con las científicas, reconociéndolas como distintas maneras de interpretar el mundo que nos rodea, en base a las cuales se pueden elaborar explicaciones con distintos niveles de complejidad y validez contextual.
- Superar las restricciones ontológicas impuestas por las ideas intuitivas y apropiarse de los principios implicados en la construcción del conocimiento científico.
- Superar las restricciones conceptuales impuestas por las ideas construidas intuitivamente y apropiarse paulatinamente de los principios implicados en la construcción del conocimiento científico, lo que supone superar el principio de “hecho o dato”, para tender a aceptar la interacción como forma de interpretar los fenómenos.

Atendiendo a lo dicho, diseñamos e implementamos una propuesta didáctica innovadora dirigida a favorecer un aprendizaje con las mencionadas características, en grupos de alumnos de educación secundaria obligatoria. Los resultados del segundo estudio realizado nos permitieron observar que tras la instrucción, cuando los estudiantes tienen que explicar los procesos perceptivos utilizan con mayor probabilidad modelos coherentes con los de la ciencia, como representaciones abstractas orientadas a explicar los procesos perceptivos. Es decir que una vez culminado el proceso de enseñanza, tienden a utilizar modos de razonar no reduccionistas sino plurivariados, atendiendo a las distintas variables involucradas en los fenómenos e interpretando los procesos que entre ellas ocurren a partir de los abstractos modelos propuestos por la ciencia escolar.

Deteniéndonos en los resultados obtenidos a los tres meses de culminada la instrucción (ya que allí observamos alguna diferencia significativa en la manera en que se explicaron uno y otro fenómeno) hallamos que la tendencia del grupo es a explicar el proceso de visión en términos de un conocimiento que se puede caracterizar por principios ontológicos de interacción y conceptual de sistema, observándose entonces una superación del principio epistemológico de realismo ingenuo. Respecto del fenómeno de percepción del color, observamos que el grupo llega a compartir, principalmente, un modo de conocer incompleto pero no incorrecto respecto del propuesto por la ciencia escolar. Dicho modo de interpretar los fenómenos se puede caracterizar por principios de causalidad lineal múltiple y procesos (ya hemos discutido

la complejidad conceptual que presenta el modelo propuesto por la ciencia al respecto por su alta componente contra-intuitiva).

Estos resultados nos permitirían esbozar una respuesta a la tercera problemática al inicio de este capítulo: *¿qué es lo que en realidad cambia durante el aprendizaje de las ciencias?* Entendemos que lo que cambia es el modo de conocer, la manera con que se afrontan e interpretan los fenómenos, esto es, *cambian los principios que subyacen y guían su entendimiento*. Pero no habría una sustitución de las ideas intuitivas, ya que pudimos también observar que las mismas siguieron siendo utilizadas en los distintos momentos. Y si bien la probabilidad de uso fue cada vez menor conforme avanzó la instrucción, este hecho nos permite observar que no son abandonadas, sino que coexisten en la mente del individuo y que son utilizadas en determinadas situaciones (estudios posteriores nos deberían permitir concluir en qué contexto y con qué consistencia se usan unas y otras ideas). Pero el tipo de aprendizaje experimentado, les habría permitido a los estudiantes desarrollar la habilidad de discriminar entre ellas y las coherentes con las de la ciencia (que fueron construyendo con la enseñanza) y aplicar estas últimas con alta probabilidad para elaborar sus explicaciones luego de la instrucción (y aún con el paso del tiempo).

Esta es una de las conclusiones a las que llegamos con el segundo estudio realizado (presentado en el capítulo VI). Otra de las conclusiones a las que se llega es la que nos lleva a presuponer que las características subyacentes a la propuesta didáctica diseñada, favorece el aprendizaje de los modelos de la ciencia respecto de la visión y percepción del color.

Esto nos permite entonces comenzar a dar una respuesta a la pregunta : *¿qué estrategias instruccionales son eficaces para favorecer el cambio o los cambios implicados durante el aprendizaje?* Al respecto consideramos que habría propiciado el aprendizaje de los estudiantes, el hecho de requerirles explicitar sus ideas (en todo momento de la instrucción), para que reconozcan su naturaleza, interpreten el modo de conocer de la ciencia, los diferencien e integren jerárquicamente con su saber inicial, reconozcan el contexto de uso de cada una, su poder explicativo, aprendan a aplicar el nuevo conocimiento con consistencia y en múltiples contextos, reflexionen sobre el aprendizaje experimentado.... Habría propiciado el aprendizaje de los estudiantes, el hecho de abordar de forma interdisciplinaria, esto es, de manera integrada, pero también paulatina, el modelo de la ciencia. Esto, al comenzar abordando fenómenos que pueden

explicarse a partir de las ideas de los propios estudiantes, seguir luego con el estudio detallado de las distintas variables que intervienen en él (propiciando su identificación y características); para abordar posteriormente las interacciones “duales” que se producen entre dichas variables, y finalmente analizar situaciones más complejas cuya interpretación y explicación requiere de la interconexión e interrelación de múltiples variables y el reconocimientos de los distintos procesos que entre ellas ocurren.

En contrapartida con lo dicho, la metodología de enseñanza tradicional no propiciaría un aprendizaje, al menos con las características deseadas aquí. Este hecho quedó en evidencia no sólo en el primer estudio realizado sino también en el segundo, donde los resultados obtenidos en el grupo control indicaron que los estudiantes siguieron explicando los procesos de visión y percepción del color principalmente desde un saber intuitivo. Esto nos lleva a presuponer, como tercera conclusión y tal como otros autores ya lo venían advirtiéndolo (Chauvent, 2000, Galili, 2000; Pesa y otros, 2001, por ejemplo) que no bastaría para favorecer un cambio en el modo de conocer de los estudiantes una metodología de enseñanza donde las actividades propuestas guíen a los alumnos *sólo* a describir determinados hechos o datos presentados por el profesor u observados a partir de una actividad experimental, pero que no les plantee situaciones que impliquen elaborar explicaciones basándose en modelos de la ciencia escolar; donde no se diseñan actividades donde los estudiantes puedan aplicar los “nuevos conocimientos” en distintas situaciones y contextos; donde la evaluación implican primordialmente la declaración “memorística” de los conceptos analizados en clase; donde los fenómenos de percepción visual no se abordan de manera sistémica sino descriptiva y atendiendo, sobre todo en el caso del color, sólo a algunas de las variables lo que conlleva a que en última instancia no se lo reconozca como un proceso de percepción visual.

El segundo estudio realizado, entonces, nos permite concluir sobre la potencialidad de la propuesta diseñada, en función de las ideas que los alumnos utilizan luego de su implementación, pero no permite visualizar cómo aprenden los estudiantes conforme avanza dicha instrucción.

Quizá otro aporte original de esta Tesis sea no sólo al seguimiento continuo del proceso de aprendizaje, sino también estudiar la manera en que este se conciben e interpretan los procesos de cambio que sucederían durante el mismo, y en función de

ello, la delimitación de las estrategias didácticas que deberían implementarse para favorecerlos.

En tal sentido, con antelación resumíamos nuestra concepción teórica sobre qué significa aprender ciencia, pero en el capítulo I también proponíamos que el cambio desde un modo de conocer intuitivo hacia otro coherente con el de la ciencia, implicaría un proceso gradual y paulatino, y por lo tanto habría estados, modo de conocer “intermedios” entre estas formas de saber, los cuales con la instrucción, conducirían finalmente a la construcción de un modo de conocer coherente con el de la ciencia.

Planteábamos entonces que, pasar de concebir los fenómenos en términos de estados a concebirlos como procesos, supondría un primer cambio ontológico importante para el aprendizaje de la ciencia, ya que implica establecer relaciones entre los conceptos. La posterior complejización, debido a la instrucción, de este modo de conocer, conllevaría a la comprensión de las relaciones en términos de sistemas, tal como hace la ciencia

En relación a la componente conceptual, de aceptar los distintos fenómenos como hechos o datos se pasaría en primera instancia, a relacionarlos con ciertos procesos de causalidad lineal, basados en esquemas simples, unidireccionales. Estos análisis causales lineales podrían ir cobrando complejidad a medida que se incorporen o se sumen más factores causales, pasando de una causalidad simple, de un solo factor o agente, a una causalidad múltiple, en la que la acción de varias causas se suma. Esto para finalmente, llegar a comprender e interpretar los fenómenos en términos de relaciones de interacción dentro de un determinado sistema.

Acompañando estos cambios estaría la superación del principio epistemológico de realismo ingenuo, que desencadenaría en la construcción de una noción más perspectivista que implique asumir que conocer es elaborar y utilizar modelos alternativos para interpretar el mundo que nos rodea.

Fueron esos estados intermedios los que se intentaron propiciar con la instrucción, *confiando* que los mismos podrían ser utilizados por los estudiantes para construir un saber cada vez más coherente con el de la ciencia, de manera tal que el aprendizaje alcanzado finalmente sea tal, que les permitiera utilizar dicho conocimiento (discriminándolo del intuitivo inicialmente compartido) con coherencia argumentativa para explicar múltiples situaciones problemáticas.

Los resultados del tercer estudio nos permitieron concluir que durante el proceso de aprendizaje la mayoría de los estudiantes construye en principio modelos basados en causalidades lineales y procesos, modelos incompletos según el saber de la ciencia pero no incorrectos en función de lo que ella propone. Y la mayoría de los alumnos los utilizó como plataforma para construir finalmente el modelo de la ciencia escolar.

Este hecho se observó principalmente en relación al proceso de visión, porque en relación al color, fueron estos modelos “intermedios” los que principalmente llegaron a compartir los estudiantes. Pero los patrones de cambio detectados en la construcción del modelo de visión, como así también los que manifestaron quienes llegan a construir el sistémico modelo de percepción del color, permite plantear la hipótesis de que si se continúa con un instrucción como la propuesta aquí, la mayoría de los estudiantes llegarán a compartirlo, superando los aspectos tan complejos, abstractos y contra – intuitivo que a éste subyacen.

En definitiva, el último estudio realizado nos permite esbozar una respuesta a la cuestión anteriormente planteada en relación a *¿qué tipos de procesos están implicados durante el aprendizaje?* En tal sentido se observó que el aprendizaje propiciado con la propuesta especialmente diseñada en esta Tesis, involucra cambios paulatinos en el modo de conocer, lo que significa que no se “pasa” de compartir un saber intuitivo a compartir otro coherente con el de la ciencia, de manera abrupta. Sino que paulatinamente se reconocen las variables que intervienen en el proceso, se las relaciona en principio a través de causalidades lineales simples que van evolucionando a múltiples, se conciben los procesos involucrados entre ellas, explicándose los a partir de modelos abstractos, para finalmente, integrar los mismos y a las variables implicadas en un único modelo, de carácter sistémico. Y habrían sido estos tipos de cambios los que condujeron a que fueran los modelos coherentes con los de la ciencia escolar los usados por los alumnos con mayor probabilidad luego de la instrucción y aún con el transcurrir del tiempo.

Hemos entonces intentado realizar un aporte concreto, respecto de cómo aprenden los estudiantes de Educación Secundaria Obligatoria los modelos de la ciencia en relación con la visión y el color, y qué tipo de estrategias didácticas favorecen dicho aprendizaje. No obstante, como decíamos al comienzo, reconocemos que un único trabajo realizado en este marco teórico – metodológico no pudo conducir a extender

estas conclusiones al aprendizaje y enseñanza de las ciencias en general. Por lo que resultaría oportuno continuar esta investigación, abordando otros núcleos conceptuales e indagando si el proceso de aprendizaje experimentado, presenta las *características* aquí detectados. Así también, resultaría relevante analizar si este tipo de aprendizaje que involucra un cambio en la manera de conocer, que trasciende en algún punto lo conceptual, puede ser aplicado cada vez con mayor autonomía por parte de los alumnos, para seguir aprendiendo sobre una temática en particular y/o para aprender otros núcleos conceptuales.

La investigación sobre cómo aprenden los estudiantes ciencias entonces, no está acabada, sino que todavía queda un largo *camino* por recorrer, es un proceso abierto y en marcha.

Esperamos con esta Tesis haber realizado al menos una pequeña contribución al estudio de cómo conocen y aprenden ciencias nuestros alumnos y en consecuencia, a nuestro conocimiento de cómo debemos enseñarles.

Finalmente, quisiera destacar que la realización de esta Tesis, no sólo ha provocado una gran motivación para seguir trabajando en el camino iniciado, sino que, y por sobre todas las cosas, su elaboración, la enseñanza recibida tanto de los jóvenes alumnos con los que hemos trabajado como la de mis directores que jamás soltaron mi mano, me ha permitido crecer profesional y personalmente, me ha permitido aprender... y aprender a seguir aprendiendo. La satisfacción y gratitud que ello en mi evoca, resulta realmente muy difícil expresar mediante palabras...

REFERENCIAS

- Alberts B., Bray D., Lewins J., Raff M., Roberts K., Watson J. (2002). Biología molecular La célula. España: Ediciones Omega (3° edición).
- Andersson, B., & Kärrqvist, C. (1983) How Swedish pupil, aged 12 - 15 years, understand light and its properties. International Journal of Science Education, 5 (4), 387 - 402.
- Ausubel, D.P. Novak, J.D. y Hanesian, H. (1978) La educación y la estructura del conocimiento. Buenos Aires: El Ateneo
- Bachelard, G. (1985). La formación del espíritu científico. XII edición. Buenos Aires: Ed. Siglo XXI.
- Barnes, B. (1987) Sobre Ciencia. Barcelona, Labor.
- Begbie, (1969) La visión y el ojo. Una introducción a la percepción visual. Buenos Aires: EUDEBA
- Belendez A., Pacual I., Rosado L., (1998). La enseñanza de los modelos sobre la naturaleza de la luz”. Enseñanza de las ciencias. 7 (3) 271 – 275
- Benlloch, M. y Pozo, J.I. (1996) What changes in conceptual change? From ideas to theories, en G. Welford; J. Osborne y P. Scott (Eds): Research in Science and Education in Europe. Londres: Falmer Press
- Bertelle, A., Bravo, B., Iturralde, C., y Rocha, A. (2000). Enseñanza – Aprendizaje de las Ciencias. Un compromiso compartido. Buenos Aire: Consejo Editorial de la Universidad Nacional del Centro.
- Bravo, B. (2002). Aprendiendo sobre la luz y el color. Un estudio longitudinal en E.G.B. 2 y 3. Trabajo Final Especialización en Enseñanza de las Ciencias Experimentales. Facultad de Ingeniería. UNCPBA.
- Bravo B. y Rocha, A. (2004). Aprendiendo sobre la luz y el color en Segundo Ciclo de Educación General Básica (E.G.B.). Journal of Science Education. Revista de Educación en Ciencias. Colombia. vol.5 N°1. Pgs 43-46.
- Bravo, B. y Pesa, M. (2005) Concepciones de alumnos (14-15 años) de educación general básica sobre la naturaleza y percepción del color. Investigaciones en Enseñanza de las Ciencias. vol 10. N°3.

-
- Bravo, B., Pesa M., Pozo JI. (2005) Concepciones acerca de la visión y el color. Diseño y evaluación de un Test de respuestas múltiples. Memorias de la REF XIV. (Argentina).
 - Bravo, B., Braunmüller M., Rocha, A. (2005) Enseñanza del “color” en 8° año de EGB. Memorias de la REF XIV. (Argentina)
 - Bravo, B., Braumüller, M., Rocha, A. (2006) Concepciones de alumnos de educación primaria sobre la visión y percepción del color. Memorias del SIEF VIII (Argentina)
 - Bravo B., Cocconi M., Pesa, M., Pozo JI. (2006). Estudio de concepciones usadas por alumnos de educación secundaria obligatorio para explicar fenómenos de percepción visual. Memorias del SIEF VIII. (Argentina)
 - Bravo, S., Pesa, M. Colombo, E. (2001). Formación y actualización de maestros: una experiencia referida a la conceptualización de los fenómenos de la visión del color. Revista de Enseñanza de la Física, 14 (1), 5-17.
 - Braunmüller M., Bravo, B, y Rocha, A. (2003). Aprendiendo acerca del color en 3° ciclo de E.G.B. Los principios conceptuales que subyacen a las ideas de los alumnos. Memorias III Congreso Nacional y I Internacional de Investigación Educativa “Laberintos y encrucijadas”. (Argentina)
 - Braunmüller M., Bravo, B, y Rocha, A. (2003) Aprendiendo acerca del color en 3° ciclo de E.G.B. Los principios ontológicos que subyacen a las ideas de los alumnos. Memorias REF XIII. (Argentina)
 - Bruning, R, Schraw, G y Ronning, R (2002) Psicología cognitiva e instrucción. Madrid: Alianza editorial.
 - Caamaño Ros,A (1988) Tendencias actuales en el currículo de Ciencias. Enseñanza de las Ciencias. 6 (3) 265-277.
 - Carey, S (1985) Conceptual change in childhood. MIT Press: Chambridge, Mass
 - Carrascosa, J., y Gil, D. (1985). La “metodología de la superficialidad” y el aprendizaje de las ciencias. Enseñanza de las Ciencias. 3 (2), 113 – 120.
 - Chauvet, F (1993) Teaching light, color and vision Proceeding of the conference. International Conference on physics education. Universidad do Minho. Portugal (16-21 jul 1993)

-
- Chauvet, F (1996) Teaching Colour: designing and evaluation of a sequence. European Journal of Teacher Education. 19 (2). 121 -136.
 - Chauvet, F. y Kaminsky W. (2002) Una tendencia del razonamiento: materializar los elementos de la física. En: L.Viennot Razonar en física. La contribución del sentido común Madrid: A. Machado libros, SA.
 - Chi, M.T.H. (2002) Conceptual Change within and across Ontological Categories: Examples from Learning and Discovery in Science. En: Limón, M. y Mason, L (eds) Reconsidering Conceptual Change: Issues in Theory and Practice. Londres: Kluwer academic publishers.
 - Correa, N y Rodrigo, MJ (2001). El cambio de perspectiva conceptual en las teorías implícitas sobre el medio ambiente. Infancia y Aprendizaje. 24 (4) 461-475.
 - Criscuolo, G. (1987) Pueden interpretarse las preconcepciones a la luz de las teorías de aprendizaje?. Enseñanza de las ciencias. 5 (3) 231-234
 - Collins KF, Jones BL, Sprod T., Watson JM, Fraser SP. (1998) Mapping development in students' understanding of vision using a cognitive structural model. International Journal of Science Education, 20 (1), 45 - 66.
 - Cubero, R (1988). Los marcos conceptuales de los alumnos como esquemas de conocimiento. Una interpretación cognitiva. Investigación en la Escuela. 4, 3-11.
 - Delval, J, (1991) Documentos para la reforma. Documento 5: Aprender a aprender II, La construcción de explicaciones. España Alhambra Longman.
 - Delval, J. (1991) Aprender a aprender II. La construcción de explicaciones. Madrid Alhambra Longman, SA..
 - Delval, J (1997) ¿Cómo se construye el conocimiento?. Kikirikí. 43 – 43, 44-45.
 - Delval, J. (2004) El desarrollo humano. Madrid: Siglo Veintiuno de España Editores S.A. Segunda Edición.
 - Diseño Curricular de la Provincia de Buenos Aires. Marco General (1999) Resolución 13298/99. Dirección general de Cultura y Educación – Consejo General de Cultura y Educación.
 - Diseño Curricular de la Provincia de Buenos Aires. Inicial - EGB Tomo I y II (1999). Resoluciones 13169/99 y 13227/99. Dirección general de Cultura y Educación – Consejo General de Cultura y Educación.

-
- Diseño Curricular de la Provincia de Buenos Aires. Polimodal (1999). Modalidades. Dirección general de Cultura y Educación – Consejo General de Cultura y Educación.
 - Diseño Curricular de la Provincia de Buenos Aires Educación Superior (1999) Tomo II. Resolución N°13259/99. Dirección General de Cultura y Educación. Gobierno de la Provincia de Buenos Aires
 - del Carmen, L (2000) Los trabajos prácticos. En: F.J.Perales y P.Cañal León (eds.) Didáctica de las ciencias experimentales, España: Ed Marfil.
 - del Carmen, L; Caballer, MJ, Furió, C, Gómez MA, Jiménez, MP, Jorba, J; Oñorbe, A; Pedrinaci, E; Pozo, JI; Sanmartí, N y Vilches, A (1997) La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de la naturaleza en educación secundaria Barcelona: Editorial Horsori.
 - de Posada, J.M. (2000) El estudio didáctico de las ideas previas. En: F.J.Perales y P.Cañal León (eds.) Didáctica de las ciencias experimentales, España: Ed Marfil.
 - di Sessa, A. (1998) What changes in conceptual change?. International Journal of Science Education, 20 (10), 1155 – 1191.
 - Dominguez Castiñeiras, J. (2000). Evolución de las formas de hacer y de pensar sobre un sistema material, en el marco de la Termodinámica y del modelo de partículas. Estudio mediante esquemas de acción y de razonamiento. Tesis doctoral. Universidad de Santiago de Compostela.
 - Driver, R. (1986) Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos. Enseñanza de las Ciencias. 4 (1),. 3-15
 - Driver, R., Guesne, E. y Tiberghien (1989) Ideas científicas en la infancia y la adolescencia España: Editorial Morata S.A. - MET.
 - Duit, R (2006) Enfoques del cambio conceptual en la enseñanza de las ciencias. En: Schnotz, W, Vosniadou, S y Carretero, M (eds) Cambio conceptual y educación. Bs.As.: Aique Grupo Editor.
 - ESPASA 1 Diccionario Enciclopédico (6ª Edición). (1991). Madrid. Ed. Espasa Calpe.
 - Flak, F, Brill, D, Stork, D (1990) Seeing the Light. Optics in nature, photography color, vision and holography. NY Harper & Road Pub.

-
- Feher, E., & Meyer, R. (1992). Children's conceptions of color. Journal of Research in Science Teaching, 29 (5), 505 - 520.
 - Fetherstonhaugh T., Treagust, D.(1992) Students' understanding of light and its properties: teaching to engender conceptual change. Science education. 76 (6) 653 – 672.
 - Feynman, R; Leighton, R; & Sands, M. (1971) The Feynman. Lectures on Physics. Vol. I , Mechanics, Radiation and Heat. Edición bilingüe. México: Ed. Fondo Educativo Interam.
 - Fourez, G. (1994) Alfabetización Científica y Tecnológica. Acerca de las Finalidades de la Enseñanza de las Ciencias. Argentina: Colihue.
 - Fourez, G. (1997) Alfabetización Científica y Tecnológica. Argentina: Colihue.
 - Frid, D y Umerez, N (1998). El libro de la naturaleza 8. Buenos Aires: Editorial Estrada
 - Furió, C., Vilches, A., Guisasola, J. y Romo, V. (2001). Finalidades de la Enseñanza de las Ciencias en la Secundaria Obligatoria. ¿Alfabetización Científica o Preparación Propedéutica? Enseñanza de las Ciencias, 19 (3): 365 -376.
 - Galili I., Hazan, A. (2000) Learners' knowledge in optics: interpretation, structure and analysis. International Journal of Science Education, 22 (1), 57 - 88.
 - García O., Martínez – Torregrosa, J. (2005) La enseñanza de la luz y la visión con una estructura problematizada: propuesta de secuencia y puesta a prueba de su validez. Enseñanza de las ciencias. Número extra. VII Congreso.
 - Gil, D. y Vilches, A. (2001) Una alfabetización científica para el siglo XXI. Investigación en la Escuela, 23: 27 - 37.
 - Giordan, A. (1985) La Enseñanza de las Ciencias. Madrid: Siglo XXI.
 - Gómez Crespo, M.A. (2005). Aprendizaje e instrucción en Química. El cambio de las representaciones de los estudiantes sobre la materia. Tesis Doctoral no publicada. Departamento de psicología Básica, Universidad Autónoma de Madrid.
 - Gómez Crespo M.A. y Pozo JI (2000). Las teorías sobre la estructura de la materia: discontinuidad y vacío. Tarbiya. Revista de investigación e innovación educativa. 26. 117-139.

-
- Gómez Crespo M.A. y Pozo JI (2004) Relationships between everyday knowledge and scientific knowledge: understanding how matter changes. International Journal of Science Education, 26 (11), 1325-1343.
 - Goulart S., Diaz E., de Souza Barros, S. (1989). Conceitos espontaneos de crianzas sobre fenomenos relativos a luz: analise cualitativa. Caderno Catarinense Ensenanza Física. 6 (1) 9-20.
 - Gregory R. L.(1990) “Eye and Brain. The psychology of Seeing” London: Weidenfeld and Nicolson PRSA.
 - Gutiérrez, R. (1989). Modelos de aprendizaje en la Didáctica de las Ciencias. Investigaciones en la Escuela. 9. pag 17-24.
 - Guesne, R. (1989) La luz En: Driver,R., Guesne, E. y Tiberghien (comp) Ideas científicas en la infancia y la adolescencia. España: Editorial Morata S.A.
 - Halliday, D; Resnick, R y Kenneth, S. (1997) Física. Volumen 2. Mexico Compañía Editorial Continental, SA de CV..
 - Hazen RM, Trefil J (1997) Analfabetismo científico y teoría democrática. En: Martínez E, Flores J (Comps.) La popularización de la ciencia y la tecnología en América Latina y el Caribe. UNESCO, Red Pop y Fondo de Cultura Económica, México D.F.
 - Hecht, E (1987) Física en perspectiva. EUA: Addison – Wesley Iberoamericana SA.
 - Hecht, E y Zajac, A (1986) Optica. EUA: Addison – Wesley Iberoamericana SA.
 - Hogarth, R (2002). Educación la Intuición. Barcelona - Buenos Aires: Ediciones Paidós Ibérica S.A. y SAICF.
 - Hurrell, J; Leschiutta Vazquez, M; Rela, A y Tignanelli, H (1990). Atomo 8. Buenos Ires: Ediciones SM
 - Islas, S., y Pesa, M. (2002) Diferentes visiones acerca de los modelos científicos. Memorias del VI Simposio de Investigadores en Educación en Física. (Argentina)
 - Islas, S. y Pesa, M. (2001). La preparación de los docentes para el uso de modelos en las clases de física. Memorias de la XII Reunión Nacional de Educación en Física (Argentina)
 - Jiménez, M.P (2000) Modelos didácticos en Perales Palacios y Cañal de León (dirección) Didáctica de las ciencias experimentales. España: Ed Marfil..

-
- Jimenez, M. P. y Sanmartí, N. (1997) ¿Qué ciencia enseñar?: objetivos y contenidos en la Educación Secundaria. En Del Carmen, L. (Coord.) La Enseñanza y el aprendizaje de las Ciencias de la Naturaleza en la Educación Secundaria. España: ICE/HORSORI.
 - Karmiloff-Smith, A. (1992). Más allá de la modularidad. Madrid: Alianza Editorial.
 - Kuhn, T (1971) La estructura de las revoluciones científicas. Mexico.
 - Lakatos, I. (1983) La metodología de los programas de investigación científica. : Alianza Universidad.
 - León y Montero. (2001). Diseño de Investigaciones. España: Ed. Mc Graw Hill.
 - Limón, M y Carretero, M (1997) Las ideas previas de los alumnos ¿qué aporta este enfoque a la enseñanza de las ciencias? En: Carretero, M. (dir) Construir y enseñar las ciencias experimentales Argentina: Aique.
 - Lindsay, PH y Norman DA (1977) Information processing. An introduction to Psychology. London: Academia Press
 - Lopes, A (1993) Contribuições de Gaston Bachelard ao ensino de ciências. Enseñanza de las ciencias. 11 (3) 324-330.
 - Lozano R.D.(1978) El color y su medición Buenos Aires: Ed. América Lee.
 - Marín Martínez, N. (1999). Delimitando el campo de aplicación del cambio conceptual. Enseñanza de las Ciencias. 17 (1) pag. 80-92
 - Marco – Stiefel, B (2000) La alfabetización científica. En: F.J.Perales y P.Cañal León (eds.) Didáctica de las ciencias experimentales, España: Ed Marfil.
 - Mellado, V y Cariacedo, D (1993) Contribuciones de la filosofía de la ciencia a la didáctica de las ciencias. Enseñanza de las Ciencias. 11 (3) pag. 331 – 339.
 - Monserrat, J (1998) La percepción visual. La arquitectura del psiquismo desde el enfoque de la percepción visual. España: Ed. Biblioteca Nueva, S.L.
 - Moreira, M. A. (2000). Aprendizaje Significativo: teoría y práctica. Madrid: Ed. Visor Dts. S.A.
 - Moreira M.A. y Greca, I (2003). Cambio conceptual: análisis crítico y propuestas a la luz de la teoría del aprendizaje significativo. Ciencia e Educación, Bauru. 9 (2) 301 – 315.

-
- Mortimer, E. (1996) Constructivismo, mudanca conceitual e ensino de ciencias: para onde vamos?. Investigaciones en Enseñanza de las ciencias. 1 (1)
 - Mortimer, E. (2000). Linguagem e formacao de conceitos no ensino de ciencias. Ed. UFMG.
 - Nassau K (1983) The Physics and Chemeistry of Colour. USA: John Wiley and Sons.
 - Novak, J.D. (1988) Constructivismo humano: Un consenso emergente. Enseñanza de las Ciencias. 6 (3) pag. 213 – 223.
 - Oliva Martínez, J. (1999). Algunas reflexiones sobre las concepciones alternativas y el cambio conceptual. Enseñanza de las ciencias. 17 (1) 93 - 107
 - Osborne R., & Freyberg P. (1991). El aprendizaje de las Ciencias. Implicaciones de las Ciencias de los alumnos. Ed. Narcea.
 - Osborne, J. Black, P. (1993). Young children's (7-11) about light and their development. International Journal of Science Education Vol 15. N°1. pgs. 83-93
 - Paz, O (1989). Lo mejor de Octavio Paz El fuego de cada día. Barcelona: Editorial Seix Barral, SA.
 - Pesa, M. (1997). Concepciones y preconcepciones referidas a la formación de imágenes. Tesis doctoral. Universidad Nacional de Tucumán.
 - Pesa M., Colombo E. y Cudmani L., (1998) El sistema visual en la enseñanza de la óptica. 4° Simposio de Investigadores en Educación en Física. 301 – 309. (Argentina)
 - Pesa, M, Colombo, E. y Cudamani, L.C. (2000) Optical Education and the visual system. Revista Optica Pura y Aplicada, Vol. 33 (1), Págs. 20 a 30,
 - Pesa M. y Cudmani L. (1993) Paralelismo entre los modelos precientíficos e históricos en la ótica. Implicaciones para la educación". Caderno catarinense enseñanza física. 10 (2) 128 - 136
 - Pesa M. y Cudmani L. (1998). ¿Qué ideas tienen los estudiantes respecto a la visión?. 4° Simposio de Investigadores en Educación en Física. 311 – 321. (Argentina)
 - Pesa, M y Cudmni, L. (1999) La formación de formadores en Ciencias, en Educación Científica. España: Servicios de Publicaciones de la Univ. de Alcalá.
 - Pesa, M ; Cudmani L. y Bravo, S. (1995). Formas de razonamientos asociadas a los sistemas preconceptuales sobre naturaleza y propagación de la luz. Caderno Catarinense de Ensino de Física, 12 (1), 17-31.

-
- Perales Palacios, F. (1994). Enseñanza de la óptica. Alambique. Didáctica de las ciencias experimentales. nº 1, 133-137
 - Piaget, J (1970) La epistemología genética. Barcelona: A Redondo.
 - Piaget, J. (1973). Psicología de la Inteligencia. Buenos Aires: Editorial Psique.
 - Pinker, S (2000) Cómo funciona la mente. España: Ediciones Destino.SA.
 - Porlan, Ariza, R; Rivero García, A y Martín del Pozo, R (1998). Conocimiento profesional y epistemología de los profesores, II: estudios empíricos y conclusiones. Enseñanza de las Ciencias. 16 (2) pag 271 – 288.
 - Posner, G.J., Strike, K.A., Hewson, W.A. (1988). Acomodación de un concepto científico: hacia una teoría de cambio conceptual. En: Porlán, R., García, J.E. y Cañal, P. (Compil.) Constructivismo y enseñanza de la ciencia. Sevilla: Diada.
 - Pozo, J.I. (1989). Teorías cognitivas del aprendizaje. Morata. Madrid.
 - Pozo JI (1999). Del cambio conceptual al cambio representacional. Enseñanza de las Ciencias. Número extra Junio.
 - Pozo J.I (2001). Humana mente. El mundo, la conciencia y la carne. Madrid: Ed. Morata. SL.
 - Pozo, J.I. (2002) La adquisición del conocimiento científico como un proceso de cambio representacional. Investigações em Ensino de Ciências. 7 (3)
 - Pozo, JI (2007) ¿Qué puede aportar la educación científica a la mejora de la actividad mental de los alumnos? En: J.M. Sánchez (ed.) Iniciación a la cultura científica: la formación de maestros. Madrid: Antonio Machado.
 - Pozo J.I. y Gómez Crespo, M. (1998). Aprender y enseñar ciencias. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico. Madrid: Ed. Morata SL.
 - Pozo J.I. y Gómez Crespo, M (2000). Las teorías sobre la estructura de la materia: discontinuidad y vacío. Revista de Investigación e innovación educativa. 26 pag 117 – 139
 - Pozo J.I. y Gómez Crespo, M. (2005) The embodied nature of implicit theories: the consistency of ideas about the nature of matter. Cognition and Instruction, 23 (3), 351-387.
 - Pozo, J.I., Gómez Crespo, M.A. y Sanz, A (2006) Cuando el cambio no significa sustitución: representaciones diferentes para diferentes contextos En: Schnotz, W,

Vosniadou, S y Carretero, M (comps.) Cambio conceptual y educación 1º Edición – Bs.As.: Aique Grupo Editor

- Pozo J.I., y Rodrigo, M.J. (2001). Del cambio de contenido al cambio representacional en el conocimiento conceptual. Infancia y Aprendizaje. 24 (4) 407 – 423.

- Pozo, J. I; Scheuer, N.; Pérez Echeverría, M. del P.; Mateos, M. (1999). El cambio de las concepciones de los profesores sobre el aprendizaje. En: JM Sánchez, A. Oñorbe e I Bustamante (Eds.) Educación Científica. Madrid: Ediciones de la Universidad de Alcalá.

- Prewitt K (1997) Analfabetismo científico y teoría democrática. En Martínez E, Flores J (Comps.) La popularización de la ciencia y la tecnología en América Latina y el Caribe. UNESCO, Red Pop y Fondo de Cultura Económica, México D.F.

- Rela (1991) Colores. Revista de Enseñanza de la Física. 4(1), 27-30.

- Salinas de Sandoval, J., y Sandoval, J. (1990). A sensacao de cor: um problema da física? Algunas experiencias para sala de aula. Cad. Cat. Ens. Fis., 7 (3), 183 – 195.

- Salinas de Sandoval, J. y Sandoval, J. (1994). Filtros de colores y teorías intuitivas sobre color y visión. Revista Enseñanza de Física, 8 (4), 27 – 30.

- Salinas de Sandoval, J. y Sandoval, J. (1996). Explicación de colores resultantes: modos de razonar subyacentes. Revista Enseñanza de Física. 10 (2) 32 – 34.

- Sandoval J. y Salinas J. (1996) Mezclas de pigmentos y de luces coloreadas. Revista de Enseñanza de la Física. 9 (1) 37-48.

- Salinas J., Cudmani, L., y Pesa, M. (1996) Modos espontáneos de razonar: un análisis de su incidencia sobre el aprendizaje del conocimiento científico. Enseñanza de las Ciencias, 14 (2), 209-220.

- Sanmartí, N. (2000) El diseño de las unidades didácticas en Didáctica de las ciencias experimentales, Perales Palacios y Cañal de León (dirección). Ed Marfil. España.

- Saura O y de Pro A. (2000) La enseñanza y el aprendizaje del conocimiento físico En: F.J.Perales y P.Cañal León (eds.) Didáctica de las ciencias experimentales, España: Ed Marfil.

- Sears, F.W. (1979) Fundamentos de Física III. Óptica. Madrid: Ed. Aguilar..

-
- Sears, F.W.; Zemansky, M.W.; Young, H.; Freedman, R.; Lewins Ford, A. (2005) Física Universitaria con Física Moderna. Volumen 2. Undécima edición. México: Person Educación.
 - Selley, N. J. (1996) 1.a. Children's ideas on light and vision. International Journal of Science Education, 18 (6) 713 – 723 .
 - Selley, N. J. (1996) 1.b. Towards a phenomenography of light and vision. International Journal of Science Education 18. (7) 837 – 846 .
 - Shayer, M y Ader, P (1984) La ciencia de enseñar ciencia Madrid: Nancea
 - Siqueira Harres, J. (1993) Um teste para detectar concepções alternativas sobre tópicos introductorios de óptica geométrica. Caderno Catarinense Ensino Física. 10 (3) 220 – 234.
 - Simón, M.I., Triana, B y Camacho, J (2001) Construcción del concepto de familia: desde los conceptos implícitos a los explícitos. Infancia y Aprendizaje. 24 (4) 425-439 (15)
 - Sniadek, B y Bozena, BM (1993). Models of understanding of vision by polish pupils aged 12 – 15. Learning optics from seeing light. Proceeding of the conference. International Conference on physics education. Universidad do Minho. Portugal (16-21 jul 1993)
 - Stollberg, R y Hill, F. (1967) Física, Fundamentos y fronteras Publicaciones Culturales. México.
 - Taton, R (1975) Historia general de las ciencias. Barcelona: Ed. Destino.
 - Thagard, P. (1992). Conceptual Revolutions. Princeton, N. J.: Princeton University Press
 - Verkerk G., y Bouwens REA. (1993). Learning optics from seeing light. Proceeding of the conference. International Conference on physics education. Universidad do Minho. Portugal.
 - Viennot, L. (2002). Razonar en física. La contribución del sentido común. Madrid: A. Machado libros, SA.
 - Viennot L., Chauvet, F (1997) Two dimensions to characterize research – based teaching strategies : examples in elementary optics. International Journal of Science Education, 19 (10), 1159 - 1168.

-
- Viennot L., Chauvet, F. Colin P., Rebmann, G. (2005) Designing strategies and tools for teacher training: the role of critical details, examples in optics. Science Education, 89 (1) 13-27
 - Viennot L., y Kaminski, W. (1991). Participation des maitres aux modes de raisonnement des eleves. Enseñanza de las Ciencias, 9 (1).
 - Villani A., y Pacca J. (1990). Spontaneous reasoning of graduate students. International Journal of Science Education, 76 (2).
 - Ville, C (1996). Biología. Octava Edición en español. Mexico: Mc Graw Hill Interamericana editores, SA de CV..
 - Vosniadou, S (1994) Capturing and modeling the process of conceptual change. Learning and instruction. vol 4 pg 45-69
 - Vosniadou, S (2006) Investigaciones sobre el cambio conceptual: direcciones futuras y de vanguardia en Schnotz, W, Vosniadou, S y Carretero, M (comps.), Cambio conceptual y educación, 1º Edición – Bs.As.: Aique Grupo Editor, 2006.
 - Vosniadou ,S. y Brewer (1994) “Mental models of the day/night cycle”, Cognitive Science. 18, 123-183)
 - Wolfgang, S y Achim, P (2006) Construcción de modelos mentales dependientes de las tareas como base para el cambio conceptual en Schnotz, W, Vosniadou, S y Carretero, M (comps.) Cambio conceptual y educación 1º Edición – Bs.As.: Aique Grupo Editor, 2006.
 - Zajonc, A.(1997) “Atrapando la luz” Barcelona: Ed. Andres Bello..

ANEXOS

A.1.- Instrumento de recolección de datos: Estudio Preliminar

ACTIVIDAD: Nuestras Ideas

A continuación te presento una serie de problemáticas y cuatro respuestas posibles para cada una de ellas. Entre las opciones dadas **ELIGE AQUELLA QUE TE PARECE MÁS ADECUADA** para dar como **EXPLICACIÓN** a cada problema planteado.

1.- Explicar cómo vemos y por qué no vemos los objetos en determinadas situaciones, era una problemática que se discutía en una clase de Ciencias Naturales. La profesora había interrogado a sus alumnos, respecto de por qué no podían ver lo que sucedía en el aula contigua, separada del lugar donde ellos se encontraban, por una pared. Los estudiantes entonces proponían distintas explicaciones:

- a) No vemos porque la luz proveniente de la fuente que ilumina los objetos no es transmitida por la pared (ya que es un cuerpo opaco) y entonces las cosas no son visibles a nuestros ojos.
- b) No vemos porque no llega a nuestros ojos luz proveniente de los objetos que están del otro lado de la pared (ya que es opaca y no transmite luz), por lo tanto no se produce en el sistema visual los procesos que conducen a la visión.
- c) No vemos porque la pared es un cuerpo opaco y no se puede ver a través de él. Si hubiese un cuerpo transparente, como por ejemplo una ventana, sí veríamos lo que sucede en el otro salón.
- d) No vemos porque los cuerpos opacos (en este caso la pared) no transmiten la luz que reflejan los objetos que hay en la sala contigua y es gracias a dicha luz que podemos ver los distintos cuerpos.

2. ¿Por qué ves roja a una manzana deliciosa cuando la iluminas con un foco común?

- a) La veo roja porque la manzana naturalmente es de ese color, además está iluminada y yo la miro
- b) Porque de la luz que ilumina la manzana, ésta refleja la roja y eso permite que la vea de dicho color.
- c) Porque de todos los colores que tiene la luz blanca, la manzana es iluminada principalmente por la luz roja.
- d) Porque la manzana refleja principalmente luz roja, que al interactuar con mi sistema visual hace que la perciba roja.

3.- Cuando en un día soleado, luego de permanecer al “aire libre” por un tiempo, entramos a una habitación nos cuesta “ver con claridad” los objetos que hay dentro: ¿por qué?

- a) Dado que la intensidad de la luz es diferente si proviene de un foco o del Sol, los objetos que se encuentran dentro de la habitación reflejan menos luz que los que están al “aire libre” y por ello no los vemos con tanta claridad.
- b) Por permanecer tanto tiempo al aire libre, estamos encandilados (y con las pupilas contraídas), y entonces al entrar a la habitación cuesta mucho distinguir los objetos (hay que esperar que las pupilas se dilaten para poder verlos).
- c) Sucede que la luz que ilumina las cosas que hay en la habitación es menos intensa que la luz del Sol que ilumina los objetos que hay afuera. Por ello no vemos con tanta “claridad” lo que hay dentro de la habitación.
- d) Al estar en contacto con la luz solar, las pupilas se contrajeron y esto hace que la luz (proveniente de los objetos) que puede ingresar al ojo no sea la suficiente para estimular el sistema visual y así verlos con claridad.

4. Un pintor, expresa su “arte” sobre un paño “blanco”. Usando pintura roja, representa uno de los paisajes que más le ha gustado: el amanecer sobre el Río de la Plata. Para representar el alba mezcla témperas roja y amarilla ¿Por qué al utilizar estas pinturas el Sol representado en su cuadro se ve naranja, al ser iluminado con un foco común?

- a) Porque al ser iluminadas por luz blanca, las témperas que han sido mezcladas absorben la mayoría de los colores y reflejan luz roja y amarilla, motivo por el cual el Sol aparece anaranjado en el cuadro.
- b) Porque las témperas (iluminadas con luz blanca) reflejan luz roja y amarilla y cuando éstas interactúan con el sistema visual del observador producen una sensación que conlleva a percibir al Sol anaranjado.
- c) Porque las temperas tienen pigmentos, en este caso de color amarillo y rojo, que tiñen el paño. La mezcla de esos colores forman el color anaranjado y por eso se ve el Sol de dicho color.

d) Porque de todos los colores que componen a la luz blanca que ilumina el cuadro, los que principalmente le llegan al Sol que ha sido dibujado, es el rojo y el amarillo y por ello se lo ve anaranjado.

5. ¿Por qué ves la hoja donde están escritas estas preguntas?

- a) Porque la luz que no fue absorbida por la hoja, se refleja difusamente y llega a mis ojos y esto me permite verla.
- b) Porque mis ojos funcionan correctamente y estoy mirando hacia la hoja.
- c) Porque la hoja refleja (difusamente y en todas las direcciones) gran parte de la luz que incide en ella.
- d) Porque la luz emitida por la fuente, se propaga rectilíneamente hasta la hoja, la ilumina, y esto me permite verla.

6. En nuestra ciudad suelen utilizarse fuentes de Sodio para iluminar las calles. Si llevamos un suéter “blanco”, se verá amarillo bajo estas condiciones de iluminación: ¿por qué?

- a) Bajo estas condiciones de iluminación, la única luz que reflejará el suéter e interaccionará luego con nuestro sistema visual, es la amarilla por lo que lo percibiremos amarillo.
- b) Porque la luz que ilumina el suéter es amarilla, y esto hace que se vea de dicho color (diferente al que lo percibo si lo ilumino con luz blanca)
- c) El suéter “blanco” refleja naturalmente luz blanca (mezcla de todos los colores). Si lo miro cuando está iluminado con luz amarilla, lo veré de ese color ya que esta es la única radiación que reflejará.
- d) Porque las luces coloreadas cambian el color que naturalmente tienen los objetos. En este caso la luz amarilla hace que el sweater se torne amarillo.

7. Si colocaras esta hoja dentro de un folio, podrías seguir viéndola: ¿por qué?

- a) El folio, al ser un cuerpo transparente, deja pasar la luz proveniente de la fuente y entonces la hoja permanece iluminada por lo cual puedo seguir viéndola.
- b) A diferencia de los cuerpos opacos, podemos ver a través de los cuerpos transparentes. El folio es un cuerpo transparente, y por ello seguiré viendo la hoja aún cuando la coloco dentro de él.
- c) El folio transmite la luz, por lo que la radiación reflejada por la hoja puede llegar a mi sistema visual y desencadenar los múltiples procesos que hacen a que pueda seguir viéndola.
- d) Como el folio es un cuerpo transparente, transmite la luz “hacia y desde” lo que hay detrás de él, en este caso la hoja, y por eso puedo seguir viéndola.

8.- Imagina que un Venusino ve solamente cuando la luz presenta longitudes de ondas comprendidas entre los 400 y 500 nm. ¿De qué color verá él un limón bajo la luz del sol?

- a) El color del cual el Venusino verá el limón depende de las características de la luz con que lo ilumine. Si ésta es luz blanca o amarilla lo verá amarillo.
- b) El color es una propiedad intensiva de la materia, por lo tanto el Venusino o cualquier otro observador verá al limón amarillo, ya que es éste su color “natural”.
- c) El Venusino verá negro al limón porque éste refleja en mayor proporción luz amarilla (junto con luz verde y naranja), y estas radiaciones no estimulan su sistema visual.
- d) El Venusino, o cualquier ser humano, verá el limón amarillo porque este fruto, debido a las características de sus pigmentos, refleja principalmente luz amarilla.



9.- Si miramos fijamente hacia un objeto colocado frente a nuestros ojos, podemos percibir también con bastante precisión, qué objetos se encuentran a su alrededor, sus formas y características. ¿Cómo es posible que esto suceda?

- a) Vemos no sólo el objeto que tenemos enfrente, sino también los que están a su alrededor (independientemente que sean opacos, transparentes o translúcidos) porque todos reflejan difusamente, al menos parte, de la luz que incide en ellos.
- b) Podemos ver no sólo el objeto que estamos mirando directamente sino también a los que se encuentran cercanos a él porque nuestro campo visual es amplio y aunque enfoquemos nuestros ojos hacia un punto puedo ver lo que hay a sus alrededores
- c) Sucede que los objetos reflejan luz difusamente la cual se propaga en línea recta y en todas las direcciones. La radiación proveniente de distintos objetos puede incidir en nuestros ojos, por lo que no sólo veré al que tengo en frente sino también a muchos de los que lo rodean.

d) Ocurre que la luz del ambiente no sólo ilumina el objeto que tengo en frente sino a todos los demás (ya que ésta se propaga desde la fuente y en todas las direcciones) y si los objetos están iluminados, los puedo ver.

10. ¿De qué color veríamos un auto que iluminado con luz blanca se ve turquesa, al iluminarlo con fuente de Sodio (emite luz amarilla)?

- a)** Dado que llegará a nuestro sistema visual luz amarilla, ya que es la única radiación que reflejará el auto en estas condiciones de iluminación, lo veremos amarillo.
- b)** El auto no se verá turquesa porque la luz que incide en él no es blanca sino amarilla y el color del cual se perciben los objetos está determinado por las características de la luz incidente. Seguramente, bajo la luz de Sodio se verá amarillo
- c)** Lo veríamos verde, ya que al mezclarse el color turquesa (del coche) y el color amarillo (de la luz de Sodio) se obtiene el color verde.
- d)** El auto naturalmente refleja luz azul, celeste, verde y amarilla. Si está iluminado por “luces de Sodio”, se verá amarillo ya que sólo reflejará esta radiación.

Ayuda: Espectro de reflexión de un objeto que se ve turquesa cuando se ilumina con luz blanca



11.- En las guerras para ver de noche, se utilizan “anteojos infrarrojos” ¿cuál crees que es la función de los mismos?

- a)** Intensificar la luz difusa del ambiente para que sea captada por nuestros ojos
- b)** Transforma la radiación infrarroja emitida por los cuerpos a otra capaz de estimular el sistema visual
- c)** Agudizar la vista para ver en la oscuridad
- d)** Detectar la radiación infrarroja que todo cuerpo emite aún cuando no esté iluminado con alguna radiación visible

12.- Una persona daltónica ve solamente cuando la luz es azul, violeta o celeste. ¿De qué color verá él una pelota de voley (que todo observador normal ve blanca bajo la luz del sol) si se la ilumina con una fuente de Neón (emite luz azul)?

- a)** La pelota naturalmente refleja la luz azul y esta persona puede ver dicha radiación, por lo que terminará viendo azul a la pelota.
- b)** Dado que el sistema visual de esta persona se estimula con luz azul y que la pelota refleja naturalmente esta radiación, verá la pelota azul.
- c)** Dado que las luces coloreadas agregan su color a los objetos y que esta persona puede ver el azul, verá de dicho color la pelota cuando es iluminada con luz azul.
- d)** La verá azul, porque la luz emitida por la fuente de Neón es de dicho color, y esta persona, pese a su enfermedad, puede ver esta radiación.

A.2.- Instrumento de recolección de datos: 1° Estudio y Primera Parte del 2° estudio (Instancia Pretest: Test de Respuestas Múltiples)

ACTIVIDAD: Nuestras Ideas

A continuación te presento una serie de problemáticas y cuatro respuestas posibles para cada una de ellas. Entre las opciones dadas **ELIGE SOLO AQUELLA** que te parece **MÁS ADECUADA** para dar como **EXPLICACIÓN** a cada problema planteado.

1.- Varios niños discuten acerca del contenido de un “regalo de cumpleaños”. Como no logran abrirlo para ver qué tiene adentro, comienzan a proponer las siguientes justificaciones para explicar por qué no pueden ver el regalo.

- a) No vemos porque la luz proveniente de la fuente no es transmitida por la caja (porque es un cuerpo opaco) y si el objeto no está iluminado no es visible a nuestros ojos.
- b) No lo vemos porque no llega a nuestros ojos luz proveniente del regalo (ya que la caja es opaca y no transmite luz), por lo tanto no se producen en el sistema visual los procesos que conducen a la visión.
- c) No vemos porque el cartón de la caja y el papel que la envuelve son cuerpos opacos y no se puede ver a través de ellos. Si estuviera envuelto con un cuerpo transparente (papel celofán por ejemplo) sí lo podríamos ver.
- d) No vemos porque los cuerpos opacos (en este caso la caja) no transmiten la luz que refleja el regalo, y es gracias a dicha luz que podemos ver los distintos objetos.

2. ¿Por qué ves roja a una manzana deliciosa cuando la iluminas con un foco común?

- a) Porque la manzana naturalmente es roja, además está iluminada y yo la miro.
- b) Porque de la luz que ilumina la manzana, ésta refleja la luz roja y eso permite que la vea de dicho color.
- c) Porque de todos los colores que tiene la luz blanca, la manzana es iluminada principalmente por la luz roja y entonces la veo de dicho color
- d) Porque la manzana refleja principalmente luz roja, que al interactuar con mi sistema visual hace que la perciba roja.

3. Si colocaras esta hoja dentro de un folio, podrías seguir viéndola: ¿por qué?

- a) El folio, al ser un cuerpo transparente, deja pasar la luz proveniente de la fuente y entonces la hoja permanece iluminada, por consiguiente, puedo seguir viéndola.
- b) A diferencia de los cuerpos opacos, podemos ver a través de los cuerpos transparentes. El folio es un cuerpo transparente, y por ello seguiré viendo la hoja aún cuando la coloque dentro de él.
- c) El folio transmite la luz, por lo que la radiación reflejada por la hoja puede llegar a mi sistema visual y desencadenar los múltiples procesos que hacen a que pueda seguir viéndola.
- d) Como el folio es un cuerpo transparente, transmite la luz “hacia y desde” lo que hay detrás de él, en este caso la hoja, y por eso puedo seguir viéndola.

4. Un pintor, expresa su “arte” sobre un paño “blanco”. Usando pintura roja, representa uno de los paisajes que más le ha gustado: el amanecer sobre el Río de la Plata. Para representar el alba mezcla témperas roja y amarilla ¿Por qué al utilizar estas pinturas el Sol representado en su cuadro se ve naranja, al ser iluminado con un foco común?

- a) Porque al ser iluminadas por luz blanca, las témperas que han sido mezcladas absorben la mayoría de los colores y reflejan luz roja y amarilla, motivo por el cual el Sol aparece anaranjado en el cuadro.
- b) Porque las témperas (iluminadas con luz blanca) reflejan luz roja y amarilla y cuando éstas interactúan con el sistema visual del observador producen una sensación que conlleva a percibir al Sol anaranjado.
- c) Porque las temperas tienen pigmentos, en este caso de color amarillo y rojo, que tiñen el paño. La mezcla de esos colores forman el color anaranjado y por eso se ve el Sol de dicho color.
- d) Porque de todos los colores que componen a la luz blanca que ilumina el cuadro, los que principalmente le llegan al Sol que ha sido dibujado, es el rojo y el amarillo y por ello se lo ve anaranjado.

5.- Cuando en un día soleado, luego de permanecer al “aire libre” por un tiempo, entramos a una habitación nos cuesta “ver con claridad” los objetos que hay dentro: ¿por qué?

- a) Dado que la intensidad de la luz es diferente si proviene de un foco o del Sol, los objetos que se encuentran dentro de la habitación reflejan menos luz que los que están al “aire libre” y por ello no los vemos (dentro de la habitación) con tanta claridad.
- b) Por permanecer tanto tiempo al aire libre, estamos encandilados y entonces al entrar a la habitación cuesta mucho distinguir los objetos (hay que esperar que las pupilas se dilaten para poder verlos).

c) Sucede que la luz que ilumina las cosas que hay en la habitación es menos intensa que la luz del Sol que ilumina los objetos que hay afuera. Por ello no vemos con tanta “claridad” lo que hay dentro de la habitación.

d) Al estar en contacto con la luz solar, las pupilas se contrajeron y esto hace que la luz (proveniente de los objetos) que puede ingresar al ojo no sea la suficiente para estimular el sistema visual y así verlos con claridad.

6. ¿De qué color veríamos un auto que iluminado con luz blanca se ve turquesa, al iluminarlo con fuente de Sodio? (Considera que estas lámparas de Sodio emiten luz amarilla)

a) Dado que llegará a nuestro sistema visual luz amarilla, ya que es la única radiación que reflejará el auto en estas condiciones de iluminación, lo veremos amarillo.

b) El auto no se verá turquesa porque la luz que incide en él no es blanca sino amarilla y el color del cual se perciben los objetos está determinado por las características de la luz incidente. Seguramente, bajo la luz de Sodio se verá amarillo.

c) Lo veríamos verde, ya que al mezclarse el color turquesa (del coche) y el color amarillo (de la luz de Sodio) se obtiene el color verde.

d) El auto naturalmente refleja luz azul, celeste, verde y amarilla. Si está iluminado por “luces de Sodio”, se verá amarillo ya que sólo reflejará esta radiación.

Ayuda: Espectro de reflexión de un objeto que se ve turquesa cuando se ilumina con luz blanca



7.- Si miramos fijamente hacia un objeto colocado frente a nuestros ojos, podemos percibir también con bastante precisión, qué objetos se encuentran a su alrededor, sus formas y características. ¿Cómo es posible que esto suceda?

a) Vemos no sólo el objeto que tenemos enfrente, sino también los que están a su alrededor (independientemente que sean opacos, transparentes o translúcidos) porque todos reflejan difusamente, al menos parte, de la luz que incide en ellos.

b) Podemos ver no sólo el objeto que estamos mirando directamente sino también a los que se encuentran cercanos a él porque nuestro campo visual es amplio y, aunque enfoquemos nuestros ojos hacia un punto, puedo ver lo que hay a sus alrededores.

c) Sucede que los objetos reflejan luz difusamente, y ésta se propaga en línea recta y en todas las direcciones. La radiación proveniente de distintos objetos puede incidir en nuestros ojos, por lo que no sólo veré al que tengo en frente sino también a muchos de los que lo rodean.

d) Ocurre que la luz del ambiente no sólo ilumina el objeto que tengo en frente sino a todos los demás (ya que ésta se propaga desde la fuente y en todas las direcciones) y si los objetos están iluminados, los puedo ver.

8.- Una persona daltónica ve solamente cuando la luz es azul, violeta o celeste. ¿De qué color verá él una pelota de voley (que todo observador normal ve blanca bajo la luz del sol) si se la ilumina con una fuente de Neón? (La fuente de Neón emite luz azul)

a) La pelota naturalmente refleja la luz azul y esta persona puede ver dicha radiación, por lo que terminará viendo azul a la pelota.

b) Dado que las luces coloreadas agregan su color a los objetos y que esta persona puede ver el azul, verá de dicho color la pelota cuando es iluminada con luz azul.

c) Dado que el sistema visual de esta persona se estimula con luz azul y que la pelota refleja naturalmente esta radiación, verá la pelota azul.

d) Dado que la luz emitida por la fuente de Neón es azul, esta persona verá la pelota azul, porque pese a su enfermedad, puede ver dicha radiación.

Continuación Instrumento 2° estudio (Instancia Pretest-Test de Respuestas Múltiples)

ACTIVIDAD: Nuestras Ideas (2° Parte)

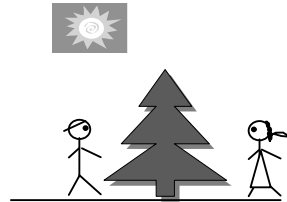
1. ¿Por qué ves azul este rectángulo, al iluminarlo con luz blanca?

- a) Porque de todos los colores que tiene la luz blanca, el rectángulo está siendo iluminado principalmente por la luz azul y entonces lo veo de dicho color
- b) Porque está impreso con tinta azul, además está iluminado y yo lo miro.
- c) Porque de la luz que ilumina el rectángulo, éste refleja la luz azul y eso permite que lo vea de dicho color.
- d) Porque la tinta que se uso para dibujarlo refleja principalmente luz azul, que al interactuar con mi sistema visual hace que lo perciba azul.

2.- Cuando entramos en un cine cuya sala ya ha sido oscurecida, no logramos ver claramente las butacas y demás objetos que hay adentro: ¿por qué?

- a) Por provenir de un lugar de mayor luminosidad (fuera de la sala), estamos encandilados y entonces al entrar al cine nos cuesta mucho distinguir los objetos (hay que esperar que las pupilas se dilaten para poder verlos).
- b) Sucede que la luz que ilumina las cosas que hay en la sala de cine es de baja intensidad y por ello no vemos con tanta "claridad" lo que hay dentro de la habitación
- c) Dado que la intensidad de la luz (dentro de la sala) es baja los objetos que se encuentran dentro reflejan poca luz y por ello no podemos verlos con tanta claridad.
- d) La mayor intensidad de la luz con la estamos en contacto fuera del cine, hace que las pupilas se contraigan y entonces la luz (proveniente de los objetos que están en la sala) que puede ingresar al ojo no es la suficiente para estimular el sistema visual y así poder verlos

3.- Una niña se esconde detrás de un árbol mientras jugaba a las "escondidas" Su compañero, después de perder el juego por no encontrarla, se cuestiona acerca de por qué no la vio, cuando estuvo parado frente al árbol, tal como lo muestra la figura. La niña le da a su amigo varias explicaciones. ¿Cuál crees tú que es la más adecuada para responderle al niño?



- a) No me ves porque los cuerpos opacos (en este caso el árbol) no transmiten la luz que yo reflejo, y es gracias a dicha luz que podemos ver los distintos objetos.
- b) No me ves porque no llega a tus ojos luz proveniente de mí (ya que el árbol es un cuerpo opaco y no transmite luz), por lo tanto no se producen en tu sistema visual los procesos que conducen a la visión.
- c) No me ves porque el árbol es un cuerpo opaco y no se puede ver a través de este tipo de objetos. Si estuviese detrás de un cuerpo transparente (como el vidrio de una ventana) sí podrías verme.
- d) No me ves porque la luz proveniente del Sol no es transmitida por el árbol (porque es un cuerpo opaco) y si yo no estoy iluminada, no soy visible a tus ojos

4.- Juan, un niño daltónico (que ve solamente cuando la luz es azul o verde), vería verde esta hoja si la iluminamos con luz verde: ¿por qué?

- a) Porque la hoja que vemos blanca, refleja todos los colores cuando se la ilumina con luz blanca. Si la iluminamos con luz azul la reflejará y entonces Juan la verá azul (ya que ve esta radiación)
- b) Porque las luces coloreadas agregan su color a los objetos, en este caso "tiñendo" de verde a la hoja blanca. Dado que Juan puede ver el verde podrá ver de dicho color esta hoja (que naturalmente es blanca)
- c) Porque bajo estas condiciones de iluminación la hoja refleja luz verde, y ésta al llegar a los ojos de Juan logra estimular su sistema visual (a diferencia de otras como la roja) y entonces la verá verde.
- d) Dado que la luz emitida por la fuente es verde, Juan verá la hoja verde, porque pese a su enfermedad, puede ver dicha radiación.

5. "Las puertas de los modulares son de vidrio y podemos ver los utensilios de cocina que guardamos dentro de ellos". ¿Con cual de las siguientes respuestas justificarías esta afirmación?

- a) El vidrio, al ser un cuerpo transparente, deja pasar la luz proveniente de la fuente (foco por ejemplo) y entonces los objetos que hay dentro del modular son iluminados, por consiguiente, los podemos ver

-
- b)** A diferencia de los cuerpos opacos, podemos ver a través de los cuerpos transparentes. El vidrio es un cuerpo transparente, y por ello veremos los objetos que hay dentro del modular
- c)** El vidrio transmite la luz, por lo que ésta puede llegar a los utensilios y la radiación reflejada por ellos puede llegar a nuestros ojos y desencadenar los múltiples procesos que hace que los veamos.
- d)** Como el vidrio es un cuerpo transparente, transmite la luz “hacia y desde” lo que hay detrás de él, en este caso los utensilios de cocina, y por eso podemos verlos

6.- Si diriges tus ojos hacia el frente no sólo verás el pizarrón sino también (y con bastante claridad), a los compañeros que tienes sentados a tus costados: ¿cómo es posible esto?

- a)** Porque no sólo vemos los cuerpos que tenemos enfrente, sino también los que están alrededor (independientemente que sean opacos, transparentes o translúcidos) porque todos reflejan difusamente, al menos parte, de la luz que incide en ellos.
- b)** Porque nuestro campo visual es amplio y, aunque enfoquemos nuestros ojos hacia un punto (como el pizarrón), podemos ver lo que hay a los alrededores (por ejemplo los chicos).
- c)** Porque todos los cuerpos reflejan luz difusamente, y ésta se propaga en todas las direcciones. La radiación proveniente de distintos objetos puede incidir en nuestros ojos, motivo por el cual podemos llegar a ver no sólo los objetos que tenemos frente sino también algunos de los que están alrededor.
- d)** Porque la luz del ambiente no sólo ilumina el objeto que tengo en frente sino a todos los demás (ya que ésta se propaga desde la fuente y en todas las direcciones) y si los objetos están iluminados, los puedo ver.

7. ¿Si a este rectángulo (que al ser iluminado con luz blanca refleja luz azul, verde y amarilla) lo iluminamos con verde lo veríamos verde: ¿por qué?

- a)** Porque llegará a nuestro sistema visual luz verde, ya que es la única radiación que reflejará el rectángulo en estas condiciones de iluminación.
- b)** Porque la luz que incide en él no es blanca sino verde y el color del cual se perciben los objetos está determinado por las características de la luz incidente.
- c)** Porque se mezclan el color turquesa del rectángulo (que es un color claro) con el color verde de la luz (color más oscuro).
- d)** Porque en estas condiciones de iluminación sólo reflejará la luz verde (luz que “naturalmente” refleja al iluminárselo con luz blanca)

8. Para imprimir este rectángulo, la impresora hace uso de tinta roja y amarilla. ¿Por qué al utilizar estas tintas el rectángulo (iluminado con luz blanca) se ve anaranjado ?

- a)** Porque al ser iluminado por luz blanca, las tintas que han sido mezcladas absorben la mayoría de los colores y reflejan luz roja y amarilla, motivo por el cual el rectángulo aparece anaranjado en la hoja
- b)** Porque las tintas (iluminadas con luz blanca) reflejan luz roja y amarilla y cuando éstas interactúan con nuestro sistema visual producen una sensación que conlleva a percibir al rectángulo anaranjado.
- c)** Porque las tintas tienen pigmentos, en este caso de color amarillo y rojo, que tiñen la hoja. La mezcla de esos colores forman el color anaranjado y por eso se ve el rectángulo de dicho color.
- d)** Porque de todos los colores que componen a la luz blanca que ilumina la hoja, los que principalmente le llegan al rectángulo que ha sido impreso, es el rojo y el amarillo y por ello se lo ve anaranjado.

A.3.- Descripción de las actividades involucradas en la Propuesta Didáctica

Con el fin de describir las actividades planteadas por los estudiantes, se las presenta a continuación detalladamente para cada fenómeno estudiado, identificando la etapa de instrucción (según la terminología empleada en la tabla 5.1 del capítulo V), la intención didáctica, el tipo de tarea involucrada y la metodología de trabajo propuesta. Así también se describen las intervenciones docentes, indicando los mismos aspectos didácticos anteriormente comentados. Las actividades se identifican con un número que coincide con el que se indica en el cuadernillo práctico con el que trabajaron los estudiantes, el cual se presentan en el Anexo A9

Primera parte: EL PROCESO DE VISIÓN

1.- Actividades de Iniciación.

Actividad: “La visión y percepción de los colores” Cuestionario de problemas (instancia pretest)

Descripción: Estas actividades pertenecen a la instancia “pretest” (presentadas en los anexos A2 y A4) y tienen como objetivo proporcionar instancias concretas a los alumnos para hacer explícitas sus propias concepciones acerca del proceso de visión y del de percepción del color. Las mismas se realizan de manera individual y pertenecen a la etapa de iniciación. Estas tareas presentan distinto grado de complejidad para los alumnos. Las dos primeras consisten en un test de respuestas múltiples donde los estudiantes deben optar por aquella explicación que consideren más apropiada para dar respuesta a las problemáticas planteadas. En la tercera actividad, en cambio, son ellos quienes deben elaborar una explicación, a los problemas propuestos.

Se les presentan situaciones cotidianas, fácilmente interpretables para los alumnos, donde se abordan las problemáticas: ¿qué elementos necesitamos para ver?, ¿cómo se lleva a cabo el proceso de visión?, ¿cómo y por qué percibimos objetos de distintos colores?, ¿cuáles son las variables de las que depende la percepción del color?, ¿cómo afecta el cambio de iluminación, de pigmentos y del sistema visual del observador en el color percibido?. Las preguntas planteadas a su vez, revisten de distinta dificultad en lo que se refiere a la manera en que es presentada la cuestión. Esto es, hay problemas donde se les pregunta directamente a los estudiantes respecto de cómo vemos y por qué percibimos objetos de distintos colores, pero en otros estos fenómenos quedan inmersos en distintas situaciones problemáticas. Así se les pide por ejemplo, que predigan de qué color se verá un objeto si se cambia la fuente de luz, o se les interroga acerca de por qué no vemos a través de cuerpos opacos y sí de cuerpos transparentes, por ejemplo.

A su vez, se presentan problemáticas en donde se atienden, de manera particular en algunas e integradas en otras, a cada elemento implicado en el proceso de percepción analizado. De esta manera, se les otorga a los alumnos instancias donde pueden explicitar la función que le otorgan a cada elemento (luz, sistema visual, objeto), según sus concepciones, como así también la interacción que conciben está presente entre ellos. Las respuestas a estas problemáticas permiten describir el conocimiento inicial de los estudiantes (tipo de modelo usado, tipo de razonamiento activado, consistencia en el uso de concepciones, por ejemplo).

Luego de realizadas las actividades descritas, se implementa la propuesta didáctica a partir de la cual se estudia *La formación del día y la noche*, en el marco de la etapa de “acomodación metodológica” (las actividades involucradas en dicha instancia se presentan en el Anexo A11).

Actividad: N° 1: “Tus ideas, mis ideas, nuestras ideas... acerca del proceso de ver”

Descripción: Esta actividad pretende que los alumnos vuelvan a explicitar y analizar sus propias concepciones, inmediatamente antes de comenzar su estudio formal en clase. Se los cuestiona en este momento sobre cuáles son los elementos que según sus ideas intervienen en el acto de ver, y cuál es la función que cada uno de ellos cumple en dicho proceso perceptivo. Esto resulta indispensable porque es a partir de sus propias ideas que se comienza a estudiar las interacciones que se dan entre la luz, los objetos y el sistema visual.

Es ésta una actividad que se realiza en primera instancia individualmente y luego en pequeños grupos. El intercambio de ideas entre pares, el intento por llegar a un consenso a partir de justificar las distintas concepciones que pudieran aparecer en el pequeño grupo de trabajo y el identificar las discrepancias de no existir consenso, tiene como objetivo permitir al alumno continuar con el proceso de clarificar y reconocer sus propias concepciones, y a la vez, comenzar a desarrollar procedimientos implicados en la elaboración de explicaciones y argumentaciones. Finalmente, ya en esta primera instancia, se estimula a los alumnos a realizar pequeñas actividades experimentales que les ayuden a evaluar sus predicciones, conclusiones o explicaciones.

2.- Actividades de Iniciación - Información.

Actividad: “Los elementos involucrados en el proceso de ver”, realizada por el docente con activa participación de los estudiantes.

Descripción: Una vez concluida la tarea anterior por parte de los alumnos, el docente interviene ante el gran grupo para concluir acerca de las distintas ideas presentadas por los mismos, clarificarlas y describirlas, para dejar en evidencia algunas de las características más relevantes (como por ejemplo que no se reconocen los tres elementos implicados en la visión y/o las ideas propuestas no resultan útiles para explicar algún fenómeno cotidiano en particular, tal como: porqué no vemos un objetos a través de un cuerpo opaco, por qué hay que mirar para ver, por qué veo lo que hay alrededor del objeto que “miro directamente”, por qué en penumbras no veo con claridad los objetos).

Para ello, el docente solicita a cada grupo que exponga sus respuestas y las representa en la pizarra. Además el docente contó con carteles donde aparecían las ideas más significativas detectadas en las actividades concernientes al pretest, como manera de prever que éstas no sean propuestas por los grupos (por haber sido “desechadas” al llegar a un consenso o por incorporar en sus respuestas ideas construidas durante la etapa de “acomodación metodológica” donde se abordaron contenidos relacionados con la luz y su interacción con los objetos). De esta forma se “asegura” que todas las ideas explicitadas por los estudiantes en las distintas etapas sean atendidas, compartidas y se conviertan en punto de partida para la explicación que dará posteriormente.

Partiendo entonces de las ideas propuestas por los estudiantes, el docente presenta distintos modelos alternativos, que surgieron en el seno de la ciencia a lo largo de la historia (como los modelos de visión propuestos por Pitágoras, Demócrito, Empédocles y Aristóteles) indicando similitudes con los propuestos por los alumnos como así también las limitaciones de las ideas implicadas para elaborar explicaciones y predicciones. Comenta entonces que dichos modelos han sido superados por otros más completos y complejos que se comenzarán a estudiar durante el curso.

Con el objetivo de concluir con el reconocimiento de los elementos implicados en la visión, realiza ante el gran grupo experiencias sencillas relacionados con cada uno de ellos, como por ejemplo, apagar las fuentes de luz y hacerles notar que se dificulta la visión; hacerles cerrar los ojos a los alumnos para que “re-experimenten” la sensación de no ver en esas condiciones; interponer cuerpos opacos entre el objeto a observar y los ojos de los alumnos, para dejar en evidencia la importancia del objeto en el proceso. A partir de allí, se intenta llegar a un consenso respecto del reconocimiento de la luz, los ojos y los objetos como elementos indispensables en el proceso de la visión. Una vez reconocidos los mismos, se les propone a los alumnos comenzar a estudiar cuál es la función de cada uno de ellos en dicho proceso.

3.- Actividades de Desarrollo.

Actividad: N° 2: “La luz, los objetos... y sus interacciones!!”

Descripción: Una vez reconocidos los elementos implicados en el proceso de ver, los alumnos realizan una actividad cuyo objetivo es retomar el estudio relativo a la interacción entre la luz y los objetos (análisis que se comenzó a abordar al analizar la temática: “El día y la noche”, durante la etapa de acomodación metodológica). En esta etapa resulta indispensable reconocer procesos como la reflexión difusa para luego poder integrarlos en el proceso de ver objetos. Ante esta actividad, que pertenece a la etapa que hemos llamado de desarrollo, los alumnos deben hacer uso de las ideas construidas anteriormente para dar respuestas a las problemáticas planteadas, referidas a la propagación rectilínea de la luz y su interacción con cuerpos opacos, transparentes y espejados. Los estudiantes representan gráficamente los fenómenos de transmisión y reflexión (difusa y especular) de la luz. Esta tarea se realiza en pequeños grupos

Comienza aquí el estudio de las interacciones entre los distintos elementos involucrados en el proceso de ver. Estas interacciones se van estudiando “parcialmente” a lo largo de la intervención para luego abordarlas de modo integrado. Esto es, en esta instancia se estudia la interacción dual luz – objeto, con el objetivo que los alumnos incorporen a su concepción inicial y comiencen a compartir modos de razonar más complejos (que los propios de su saber cotidiano). En relación con ello, la interpretación de la interacción luz – materia conlleva a otorgarle una función a la luz que va más allá de la de iluminar (respuesta que inicialmente suelen dar los alumnos) y un papel activo al objeto en el proceso de ver: reflejar difusamente la luz (papel que inicialmente suele considerarse pasivo, puesto que intuitivamente se concibe que el objeto es importante porque sino “no tendríamos nada para ver”).

Actividad: “La interacción luz – materia”, realizada por el docente con activa participación de los alumnos

Descripción: Un vez que los alumnos dieron respuestas a la actividad anterior, se les pidió a algunos de ellos representar en el pizarrón los distintos puntos en ella solicitados. Las ideas propuestas y

esquemas presentados se convierten en el punto de partida para la presentación (por parte del docente) de las ideas de la ciencia escolar respecto de los fenómenos de transmisión, absorción y reflexión difusa.

Como una manera de “comprobar” experimentalmente la reflexión difusa, el docente realiza ante el gran grupo experiencias sencillas, a fin de discutir que los objetos opacos reflejan “diferente luz”, diferenciándose así la reflexión difusa y especular y la dirección de la luz reflejada en cada caso (unidireccional y en todas las direcciones). Con el salón oscurecido, ilumina con una linterna un papel “blanco” y hace observar a los estudiantes cómo otros cuerpos cercanos aparecen tenuemente iluminados, debido a la reflexión difusa que se produce en la cartulina. Hace observar también las diferencias en dicha iluminación si se cambia la cartulina original por otra negra (los cuerpos circundantes no aparecen prácticamente iluminados).

4.- Actividades de Iniciación - Información.

Actividad: N° 3: “Nuestro sistema visual”

Descripción: Una vez reconocidos los elementos implicados en el proceso de ver y la interacción luz – materia (particularmente la reflexión difusa), los alumnos realizan una actividad con el objetivo de comenzar el estudio relativo a la interacción entre la luz y el sistema visual. La misma se realiza primero individualmente y luego en pequeños grupos de trabajo.

Se retoma, en este momento una de las actividades realizadas inmediatamente antes de comenzar la instrucción (el Test de Respuestas Múltiples) y se solicita a los alumnos que analicen primero y confronten luego con la de sus pares, las respuestas dadas en aquella oportunidad. En dicha tarea se orienta la reflexión sobre el conocido hecho de que si ingresamos a una habitación, proviniendo de otro lugar donde la iluminación es significativamente mayor, adentro no percibiremos (al menos inmediatamente) los objetos con claridad (proceso de acomodación). La tarea entonces implica explicar este hecho, basándose en sus ideas acerca de cómo vemos y cómo funciona el ojo humano.

A fin de corroborar las predicciones que los estudiantes hacen a la primera parte de la actividad, se los incentiva para realizar actividades experimentales sencillas que les permitan elaborar conclusiones respecto al estímulo externo que pone en funcionamiento al sistema visual. Se les proponen, finalmente, que realicen una indagación bibliográfica para estudiar la constitución y funcionamiento del ojo humano y como resultado de esta tarea que construyan un modelo tridimensional que represente a dicho órgano. Entonces, además de presentarse como eje de estudio la interacción luz – sistema visual, se otorga a los alumnos otro momento concreto para seguir desarrollando la habilidad de explicar y argumentar a partir de sus propias ideas y contrastarlas con la experiencia. A su vez, esta instancia promueve nuevamente el reconocimiento de la variedad de ideas y características más relevantes de las mismas.

Se guía entonces a los alumnos a que reconozcan que el sistema visual se estimula cuando la luz ingresa al ojo, pero sin abordarse todavía el hecho de que es la luz reflejada por el objeto la que debe estimular al sistema visual para poder verlo.

Actividad: “El funcionamiento del ojo humano”, realizada por el docente

Descripción: Esta actividad comienza con la exposición por parte de los estudiantes de los modelos que construyeron sobre el ojo humano en la instancia anterior. El docente retoma ante el gran grupo, las ideas que se manifiestan en dichas exposiciones para concluir acerca de los elementos que constituyen el ojo y las funciones de cada uno (se deja en evidencia que se comparte un modelo simplificado respecto del propuesto actualmente por la ciencia). Comenta, entonces, la complejidad de los procesos que ocurren en el sistema visual (relativos a los procesos físicos y las transformaciones químicas que se llevan a cabo gracias al estímulo luminoso) y compara su “funcionamiento” con el resto de los sentidos y con el de la máquina fotográfica.

5.- Actividades de aplicación.

Actividad: N° 4 “Nuestro sistema visual”

Descripción: Una vez presentado por el docente ante el gran grupo, un modelo del ojo humano (sus elementos constitutivos y funciones) se les propone a los alumnos, realizar una serie de actividades que tienen como objetivo aplicar las ideas discutidas y con ello promover instancias que potencien el uso consistente del modelo que van construyendo. Hecho este indispensable para el aprendizaje significativo. Así, se les propone realizar actividades experimentales sencillas tendientes a estudiar el funcionamiento de su propio sistema visual y de alguno de los elementos constitutivos (como el punto ciego y las células fotosensibles). Finalmente se orienta hacia la reflexión explícita e individual acerca del funcionamiento de los distintos sistemas perceptivos (auditivo, táctil, olfativo, visual).

Estas tareas se proponen entonces, para realizar individualmente y promover el registro de observaciones y la interpretación de las mismas a partir de un marco teórico coherente con lo propuesto por las ciencias.

6.- Actividades de síntesis o conclusión.

Actividad: “Interacción Luz – Sistema visual: El funcionamiento del ojo humano”, realizada por el docente con activa participación de los alumnos.

Descripción: En esta oportunidad, el docente retoma las respuestas dadas por los alumnos a las actividades anteriores y realiza una síntesis sobre los aspectos más relevantes relativo al funcionamiento del ojo humano en general. Posteriormente, se cuestiona a los alumnos acerca de si *¿es la luz proveniente de la fuente la que nos permite ver los objetos que nos rodean?* y *¿ qué ocurriría si miramos directamente hacia una fuente de luz?* De esta manera se estimula a los estudiantes a que comiencen a integrar las relaciones duales entre los elementos involucrados en la visión, que hasta el momento se venían analizando de manera separada.

7.- Actividades de desarrollo y síntesis.

Actividad: N° 5: “Y el rol de los objetos??!!”

Descripción: Con la presente actividad se discute explícitamente la función del objeto en el proceso de ver. El objetivo de esta tarea es que los alumnos utilicen las ideas analizadas hasta el momento respecto de la reflexión difusa y la interacción luz – sistema visual, para comenzar a integrarlas en un único modelo que les permita explicar cómo vemos el objeto en cuestión.

A su vez, esta actividad tiene como objetivo que los estudiantes empiecen a reflexionar sobre su propio proceso de aprendizaje, dado que la problemática propuesta fue realizada por ellos al inicio del abordaje de la temática “visión” y en esta oportunidad se les pide que lean sus respuestas iniciales, evalúen si las modificarían a partir de lo analizado en clase y discutan sus nuevas explicaciones con sus pares.

Actividad: “Interacción Luz reflejada – sistema visual: proceso de ver”, realizada por el docente con activa participación de los alumnos.

Descripción: Una vez que los alumnos realizan la actividad anterior, el docente recupera las respuestas dadas y las representa en la pizarra con el fin de dejarlas en evidencia, describirlas y caracterizarlas. Oriente la reflexión y discusión al hecho de que aunque se ilumine el objeto, si la luz no puede llegar a los ojos (porque está detrás de un cuerpo opaco, o el observador mira para otro lado) no se verán los cuerpos. De igual manera, vuelve a demostrarles (ya que es éste un hecho cotidiano) que si la luz de la fuente llega directamente al ojo, estimulará al sistema visual pero no se verá el objeto que se desea ver. Del mismo modo, si no está presente el objeto de manera que pueda interactuar con la luz no se vería nada, sino oscuridad total, dado que la luz no se ve.

Realiza actividades experimentales sencillas, como interponer objetos de distintas características entre la fuente de luz y los ojos de los observadores, para explicar porqué se ve a través de alguno de ellos (cuerpos transparentes) y de otros no (cuerpos opacos). Se relaciona este fenómeno con hechos conocidos por los alumnos como: la elección del material adecuado al momento de diseñar las vidrieras de un negocio, por ejemplo. A su vez se discute el significado, en el contexto del modelo presentado, del acto de “mirar”, reflexionando que el mismo se lleva a cabo para que la luz reflejada por el objeto pueda incidir en el ojo, converger en la retina y estimular las células fotosensibles (lo que permitirá, finalmente, experimentar la sensación de ver). Esta actividad tiene como objetivo central entonces, presentar explícitamente un modelo acerca de cómo y porqué vemos como vemos integrando las tres variables y las distintas interacciones que se producen entre ellas (modelo que había comenzado a construirse con las actividades anteriores a partir del estudio de las interacciones parciales o duales).

Otro de los objetivos de esta actividad es dejar en evidencia la existencia de distintos maneras de explicar el fenómeno en cuestión: cotidiana (a partir de las ideas iniciales que los mismos alumnos presentaron) y coherentes con los de la ciencias; como así también mostrar ventajas y desventajas (inherentes al poder explicativo y los contextos de uso). Así, el docente ayuda a reflexionar sobre las similitudes y diferencias de ambas formas de conocer (referidas principalmente a la naturaleza de su construcción y a las características de las explicaciones que pueden elaborarse a partir de cada una de ellas: *justificar – argumentar*, desde el saber científico y *describir* a partir de cotidiano)

8.- Actividades de aplicación.

Actividad: N° 6: “El proceso de ver”

Descripción: Esta actividad pertenece a la etapa de aplicación y tiene como objetivo que los alumnos utilicen el modelo de visión (construido hasta el momento) para explicar distintas situaciones. Todas las tareas implicadas involucran situaciones conocidas y fácilmente interpretables por los estudiantes. Así por ejemplo se les solicitan que expliquen cómo y por qué vemos como vemos determinados objetos; por qué vemos a través de cuerpos transparentes y no de cuerpos opacos; que justifiquen cuales son las condiciones óptimas de observación (ubicación de la fuente, ubicación del

observador respecto del objeto, por ejemplo). Se estimula entonces con esta actividad, el uso consistente en distintos contextos de las ideas construidas, a fin de potenciar el desarrollo de esta habilidad, propia del saber de la ciencia

9.- Actividades de conclusión.

Actividad: “El proceso de ver”, realizada por el docente con activa participación de los alumnos.

Descripción: Esta actividad, que la lleva a cabo el docente ante el gran grupo, tiene como objetivo presentar una síntesis en lo que se refiere al modelo de visión propuesto. Para ello se retoman las respuestas que los alumnos dieron a la actividad anterior, como punto de partida de la discusión. Una vez realizada la tarea, se les solicita a los alumnos que revean individualmente las respuestas dadas y de creerlo necesario que las modifiquen y/o amplíen, atendiendo a las ideas sintetizadas en esta clase. Esta actividad es retirada luego por el docente a fin de evaluar y re-orientar a los alumnos en lo que respecta a la conceptualización de la idea utilizada, la forma de utilizarla y la manera de elaborar explicaciones a partir de ella.

10.- Actividades de evaluación.

Actividad: “Qué y cómo aprendimos?”

Descripción: En esta actividad, que se realiza en forma individual, se presenta a los estudiantes, algunas de las actividades por ellos resueltas en la instancia inicial (pretest), junto a las respuestas que en aquel momento dieron. Se le pide entonces que evalúen dichas respuestas y de creerlo necesario que las modifiquen y/o amplíen. El objetivo de esta tarea es ayudar a los alumnos ser concientes del cambio producido en su conocimiento.

En la misma actividad se les pide que reflexionen y den su opinión sobre la metodología de enseñanza implementada y el aprendizaje experimentado, a fin de potenciar el compromiso de ellos con el proceso educativo convirtiéndolos explícitamente en los actores principales. Finalmente, se les presentan problemáticas novedosas, para cuya resolución deben aplicar las ideas construidas hasta el momento para elaborar una explicación.

Se les informó a los estudiantes sobre la realización de esta actividad, una semana antes de su desarrollo. Esto dado que la misma es utilizada por el docente como parte de la evaluación formal. Por esta razón los estudiantes tienen la oportunidad de dedicar tiempo extraescolar a la revisión de los temas abordados y respuestas dadas en cada etapa a las distintas problemáticas. Para ello cuentan con los cuadernos de clase, los apuntes tomados en los distintos momentos de intervención docente y el cuadernillo teórico que se les aportó al comienzo de la instrucción.

Actividad: “Qué y cómo aprendimos?”, orientada por el docente y con activa participación de los alumnos.

Descripción: En esta instancia se les presenta a los alumnos carteles donde se explicitan las ideas por ellos manifestadas durante toda la intervención implementada con el fin de ayudarlos a ser concientes de la evolución de sus propias ideas. Analiza entonces junto a los alumnos los modelos subyacentes en la etapa inicial, en la de aplicación y en la de evaluación, dejándose en evidencia las diferencias entre los modelos que utilizaron los estudiantes con mayor frecuencia, a lo largo del proceso de aprendizaje. Se reflexiona sobre el bajo poder explicativo y predictivo de las concepciones iniciales (marcando la imposibilidad de aplicarlos para explicar determinados fenómenos) y la potencialidad del nuevo modelo para explicar múltiples situaciones problemáticas. Se retoman como ejemplos las propuestas en la actividad de evaluación.

El objetivo de esta tarea es que los alumnos sean concientes y reflexionen críticamente acerca del proceso de aprendizaje experimentado, a lo largo de toda la implementación de la propuesta longitudinal, y de lo que implica entonces, aprender ciencias.

Segunda parte: EL PROCESO DE PERCEPCIÓN DEL COLOR

1.- Actividades de Iniciación - Información.

Actividad: N° 7: “Los elementos necesarios para percibir los colores”

Descripción: La primera tarea propuesta a los alumnos implica el análisis de sus propias concepciones (al confrontarlas con las de sus compañeros) acerca de las variables de las que depende la percepción del color y la función que cumplen cada una en el proceso de ver objetos coloreados.

En esta actividad se les solicita a los estudiantes que propongan qué hacer para lograr ver un determinado objeto de distinto color (a fin de que expliciten las variables que reconocen relacionadas con él) y que expliquen según sus concepciones por qué hay objetos que se ven de distintos colores, iluminado con igual luz (un limón se ve amarillo y una manzana deliciosa roja, iluminados ambos con luz blanca, por ejemplo).

Esta actividad se realiza primero individualmente y luego se discuten las respuestas en pequeños grupos. El intercambio de ideas, el intento por llegar a un consenso a partir de justificar las distintas concepciones que pudieran aparecer en el pequeño grupo de trabajo, el identificar las discrepancias, permitirá al alumno continuar con el proceso de reconocimiento y clarificación de sus propias concepciones y a la vez seguir desarrollando procedimientos implicados en la elaboración de explicaciones y argumentaciones. A su vez, se sigue estimulando a los alumnos a realizar pequeñas actividades experimentales que les ayuden a evaluar sus predicciones, conclusiones o explicaciones.

Actividad: “Los elementos implicados en la percepción del color”, realizada por el docente con activa participación de los alumnos.

Descripción: Una vez concluida la tarea anterior, es el docente quien interviene ante el gran grupo para ayudar a sintetizar las distintas ideas presentadas por los estudiantes, clarificándolas y describiéndolas, dejando en evidencia algunas de las características más relevantes, como por ejemplo que no se reconocen los tres elementos implicados en la percepción del color, y/o no se interpreta cómo al modificar alguna de ellas cambia la percepción y lo que implica entonces que las ideas propuestas no resulten útiles para explicar algún fenómeno cotidiano en particular (como por ejemplo porqué no todos los seres humanos perciben el mismo color, o porqué al iluminar con luz “amarilla” un mismo objeto se percibe diferente).

Para ello, el docente solicita a cada grupo que exponga sus respuestas y él las representa en el pizarrón, junto a los carteles donde aparecían las ideas más significativas detectadas en las actividades iniciales relativas a la percepción del color. De esta forma se “aseguró” que todas las ideas explicitadas por los estudiantes en las distintas etapas sean atendidas, compartidas y se conviertan en punto de partida para la explicación que dará posteriormente.

Dado que el objetivo de esta etapa implica hacer explícitas las variables de las que depende la percepción del color, para a partir de allí comenzar a estudiar las interacciones que se dan entre ellas, el docente realiza al gran grupo preguntas como: *¿de qué depende el color del cual percibimos un objeto? ¿Esta pared es realmente amarilla?. Si apagamos todas las fuentes de luz... ¿seguirá “siendo amarilla”?. Si pintamos con fibra la pizarra: ¿seguirá siendo “blanca”?... si la observamos a través de un filtro... ¿la seguiríamos viendo del mismo “color”?... y si la iluminamos con luz amarilla: ¿todos los seres humanos lo verán del mismo color?*

Realiza a su vez experiencias sencillas para dejar en evidencia dichas variables (apaga las fuentes de luz, ilumina la pared con luces de distintos colores, hace que la observen detrás de papel celofán de distintos colores). A partir de allí, intenta llegar a un consenso respecto del reconocimiento de la luz, los ojos y los objetos como elementos indispensables en el proceso de percepción del color. Una vez reconocidos los mismos les propone a los alumnos comenzar a estudiar cuál es la función de cada uno de ellos en dicho proceso.

Actividad: N° 8: “La luz: uno de los elementos implicados en la percepción del color”

Descripción: Una vez reconocidos los elementos implicados en el proceso de percepción del color, los alumnos realizan una actividad con el fin de estudiar la importancia de la luz en dicho proceso.

Esta tarea pertenece a la etapa de iniciación y tiene como objetivo que los alumnos expliciten sus ideas respecto de la importancia de la luz en el proceso mencionado para luego confrontarlas con las de sus compañeros. Así se les propone realizar en forma individual una sencilla actividad experimental, que induce a los alumnos a comprobar que en penumbras se perciben parcialmente los objetos pero no los colores. Esto para luego, y a partir de sus propias concepciones, justifiquen el rol de la luz en el proceso de percepción del color.

Finalmente, y con el objetivo de que hagan explícitas dichas ideas al usarlas para argumentar su parecer, se les pide que las confronten con las de sus pares e intenten llegar a un acuerdo y de no lograrlo,

indicar las discrepancias. Siempre tendiendo al reconocimiento de las propias ideas como así también de la diversidad de concepciones que pueden existir al momento de explicar un mismo fenómeno.

Actividad: “La luz: uno de los elementos implicados en la percepción del color”, realizada por el docente con activa participación de los alumnos

Descripción: Las ideas propuestas por los alumnos para dar respuesta a la actividad anterior, son retomadas por el docente y analizadas en el gran grupo, para a partir de ellas discutir formalmente el rol de la luz en el proceso de percepción del color. El docente les presenta a los estudiantes, experimentos sencillos a fin de que observen que sin luz no se perciben los colores (retoma para ello la actividad experimental realizada por los alumnos) y que al cambiar la fuente de luz un mismo objeto se ve de distinto color (muestra cuerpos muy cotidianos y revistas con páginas y dibujos en colores para que ellos observen cómo cambia la percepción del color al modificar las características espectrales de la luz incidente). Los hace reflexionar respecto de la importancia de la luz y de los niveles mínimos de iluminación para percibir color (reconociéndola como una variable a atender) y plantea la inquietud acerca de qué características tiene dicha energía.

Actividad: N° 9: “¿La luz blanca... es tan blanca?”

Descripción: Una vez reconocidos la importancia de la luz en la percepción de los colores, los alumnos realizan la presente actividad con el objetivo de comenzar el estudio relativo a la naturaleza espectral de la misma. Es ésta una actividad, que se realiza en pequeños grupos. Se les propone a los alumnos realizar actividades experimentales sencillas que les permitan observar la descomposición espectral de la luz blanca (haciendo uso de una linterna y un prisma) e intentar dar una explicación respecto de por qué se la observa de un “solo color”.

Así, además de presentar el fenómeno mencionado, se otorga a los alumnos un momento concreto para seguir desarrollando la habilidad de explicar y argumentar a partir de sus propias ideas y contrastarlas con la experiencia. En relación con ello, con esta actividad, se potencia el desarrollo de habilidades concernientes a la tarea experimental como lo es la observación y el registro e interpretación de resultados.

Actividad: “Las características espectrales de la luz blanca”, realizada por el docente con activa participación de los alumnos

Descripción: Una vez elaborada las respuestas por parte de los alumnos a la actividad anterior, el docente vuelve a realizar la experiencia de la descomposición de la luz blanca ante el gran grupo a fin de recuperar las ideas de los estudiantes.

A partir de allí, introduce la noción de espectro (composición de luces) y retoma el modelo del ojo humano (utilizado para abordar la temática visión) ahora centrando la atención en la función y tipos de conos como así también de la incapacidad del ojo humano de discriminar mezclas de luces. Se justifica en esta instancia, con mayor fundamento que hasta el momento, la importancia de la luz en el proceso de percepción del color (como estimulante externo del sistema visual) y se comienza a estudiar entonces el papel del ojo humano en dicho proceso.

Actividad: N° 10: “Los filtros”

Descripción: Una vez reconocido la naturaleza espectral de las luces, se presenta al alumno la presente actividad con el objetivo de comenzar a estudiar la interacción que se produce entre la luz y los objetos, y como otro fenómeno indispensable al que atender para interpretar la percepción del color de los cuerpos opacos. Así se les pide que iluminen con luz blanca una cartulina blanca y luego observen los cambios que se perciben si se interponen filtros entre la linterna y la cartulina. El objetivo de esta tarea, entonces, es estudiar el fenómeno de transmisión selectiva.

Es esta una actividad que se realiza en pequeños grupos de trabajo y tiende a potenciar procedimientos propios del accionar experimental, como lo es la observación, toma, registro e interpretación de datos, como así también potenciar el desarrollo de la habilidad de aplicar las ideas construidas (respecto de los procesos de reflexión, absorción y transmisión y composición espectral de la luz) para elaborar explicaciones.

Actividad: “Interacción luz – materia: los filtros”, realizada por el docente con activa participación de los alumnos

Descripción: Una vez concluida la actividad anterior, el docente recupera las respuestas dada por los alumnos respecto de lo observado y las explicaciones elaboradas y propone la idea de la ciencia escolar acerca de los fenómenos de transmisión y absorción selectiva de la luz. Para ello, realiza una experiencia análoga a la realizada por los estudiantes, ahora ante el gran grupo, haciendo uso de prismas con el fin de evidenciar las diferencias espectrales entre las luces incidente y transmitida por el filtro. Les

solicita luego, releer las respuestas que dieron a la actividad anterior y ampliarla en función de lo discutido (les propone que dibujen los espectros incidentes y transmitidos).

Actividad: N° 11: “A mezclar pigmentos!!!!”

Descripción: Una vez propuesta la idea de la ciencia escolar respecto de los procesos de transmisión y absorción selectiva, se les presenta a los alumnos la presente actividad que tiene como objetivo comenzar a analizar el fenómeno de reflexión selectiva, relacionándolo con el de transmisión selectiva. Se les pide entonces, que realicen predicciones en base a sus ideas (y las corroboren experimentalmente) acerca de qué color se percibirán diferentes mezclas de témperas (pinturas). Pertenece esta actividad a la etapa de iniciación, en lo que respecta al fenómeno de reflexión selectiva

Actividad: “Interacción luz – materia: mezcla de pigmentos”, realizada por el docente con activa participación de los alumnos.

Descripción: Esta es una actividad que desarrolla el docente al gran grupo, partiendo de las respuestas que los alumnos dieron a la actividad anterior y con el objetivo de analizar explícitamente el fenómeno de reflexión selectiva, como así también la mezcla sustractiva de los pigmentos y su comportamiento físico como filtros.

Presenta entonces el modelo propuesto por la ciencia que permite interpretar dichos procesos y lo utiliza para explicar la diferencia en el comportamiento de distintos pigmentos ante la incidencia de luz de distintas composiciones espectrales.

2.- Actividades de Desarrollo - Aplicación

Actividad: N° 12: “Mezclamos pigmentos”

Descripción: En esta actividad, nuevamente se hace predecir a los estudiantes de qué color se verán distintos objetos que se pintan con diversas pinturas, pero ahora deben justificar sus predicciones en función de las características espectrales de la luz incidente y la luz reflejada (es por ello que en la actividad se presenta como un dato los espectros de luces de distintos colores). En la segunda parte de esta tarea, se involucran situaciones problemáticas donde lo que se modifica es la luz incidente (la cual no es blanca como la que normalmente se utiliza). Se les solicita entonces a los estudiantes que predigan de qué color se verán distintos objetos con esta “nueva” radiación y que justifiquen sus predicciones haciendo uso de los modelos construidos hasta el momento.

Estas tareas se realizan primero individualmente y luego en pequeños grupos, y con el objetivo de potenciar instancias concretas para que apliquen las ideas analizadas en distintos contextos y para elaborar explicaciones, en tanto siguen desarrollando el modelo que paulatinamente se va construyendo.

Actividad: “Interacción luz – materia: mezcla de pigmentos”, realizada por el docente con activa participación de los alumnos

Descripción: En esta instancia, el docente retoma las respuestas dadas por los alumnos a la actividad anterior y presenta una síntesis del tema abordado a partir de ellas, resaltando aquellos aspectos más significativos, como lo es la reflexión selectiva, composición espectral de luces incidentes y transmitida, absorción selectiva y percepción (asociado con el funcionamiento del sistema visual) de mezcla de luces coloreadas reflejadas por los objetos. Se detiene en este momento a integrar las distintas variables e interrelaciones analizadas hasta el momento para presentarles el modelo de la ciencia escolar. Una vez realizada dicha síntesis les propone a los alumnos utilizar estas ideas para concluir acerca de cuáles son las variables que implican cambio en la percepción del color (y con esto el cambio de percepción que se produce cuando se modifica la fuente de luz, se pinta un objeto o el sistema visual presenta anomalías como el daltonismo)

Actividad: N° 13: “El sistema visual”

Descripción: Una vez analizadas la composición espectral de la luz, como así también la interacción que se produce entre ella y los objetos, se propone en esta instancia estudiar exclusivamente y con mayor detenimiento que lo realizado hasta el momento, el papel del sistema visual en el proceso de percepción del color. Se los cuestiona entonces acerca de qué harían para ver de distinto color un objeto (esto con el objetivo de que expliciten los elementos de los que depende percepción del color, a la luz de lo analizado en clase). Una vez realizada esta tarea se les pregunta si todos los seres humanos verían del mismo color el objeto, con el fin de que expliciten sus ideas acerca del rol de sistema visual en el proceso de percepción del color. Esta actividad es realizada en primer momento individualmente para luego confrontar las ideas de cada alumno con sus pares, al trabajar en pequeños grupos.

Actividad: “Percepción del color: sistema visual”, realizada por el docente con activa participación de los alumnos.

Descripción: Una vez realizada la actividad anterior por parte de los alumnos, el docente retoma ante el gran grupo las respuestas dadas y presenta el modelo de la ciencia escolar que permite interpretar el funcionamiento del ojo humano en lo que respecta a la percepción del color (recupera el modelo que los alumnos construyeron mientras se abordaba la temática visión y el que ya había comenzado a discutir al analizar la visión cromática). Se detiene a estudiar las patologías en la percepción del color, concretamente, el daltonismo. Se culmina de esta manera es estudio de los distintos elementos involucrados y se los integra para explicar la percepción del color.

Actividad: N° 14: “Percepción del color: el sistema visual”

Descripción: Con la primera parte de esta actividad se les propone a los alumnos realizar una actividad experimental que les permite comprobar la importancia del sistema visual en el proceso de percepción del color, como así también reconocer la existencia y ubicación de los conos. En esta instancia, a su vez, se sigue potenciando el desarrollo de procedimientos propios del quehacer científico (como lo es la observación, registro e interpretación de resultados) como así también de la habilidad de hacer uso de las ideas construidas para elaborar explicaciones.

La segunda parte de la actividad, tiene como objetivo que los alumnos apliquen las ideas construidas hasta el momento respecto del funcionamiento y características del ojo humano, centrando la atención en el daltonismo. Esta instancia se realiza en pequeños grupos de trabajo

3.- Actividades de Síntesis

Actividad: “Percepción del color: sistema visual”, realizada por el docente con activa participación de los alumnos

Descripción: Una vez realizada las actividades anteriores, el docente retoma las respuestas a fin de sintetizar el tema abordado con ellas y presentar explícita y nuevamente, un modelo acerca de la percepción del color, que integra las tres variables y sus relaciones (indicando la función e importancia de cada una en dicho proceso).

4.- Actividades de Aplicación y síntesis

Actividad: N° 15: “Percepción del color: integración de variables”

Descripción: Esta actividad tiene como objetivo principal que los alumnos utilicen las nuevas ideas en diferentes situaciones (conocidas y novedosas) para elaborar explicaciones. Se presenta entonces problemáticas donde los alumnos deben explicar por qué, con luz blanca, ven objetos de distintos colores, por qué al cambiar la fuente, pintar el objeto o usar anteojos con lentes coloreadas no ven el cuerpo del mismo color. Finalmente se involucran también actividades que implican atender explícitamente al rol del sistema visual en el proceso perceptivo al analizar casos de daltonismos.

Esta actividad pertenece a la etapa de aplicación y se realiza primero individualmente y luego en pequeños grupos de trabajo.

Actividad: “Percepción del color: integración de variables”, realizada por el docente con activa participación de los alumnos.

Descripción: Una vez realizadas las actividades anteriores, el docente retoma las respuestas dadas por los alumnos y presenta nuevamente la idea de la ciencia escolar (a modo de síntesis del tema estudiado) deteniéndose a analizar en cómo se modifica la percepción del color si se modifica la luz incidente, el pigmento o el sistema visual del observador.

Realiza actividades experimentales sencillas que permitan dejar en evidencia el cambio de percepción del color al modificar las condiciones de observación (ilumina un mismo objeto con distintas fuentes de luz, pinta otro cuerpo y hace que los alumnos observen un mismo objeto a través de diversos filtros, representando los ejemplos involucradas en la actividad anterior). Representa en la pizarra los espectros de las luces incidentes y reflejadas, en cada caso, y reflexiona explícitamente que luz de distintas características activan de distinta manera el sistema visual por lo que se perciben distintos colores. A su vez, comunica a los estudiantes el hecho de que el modelo compartido en clase es mucho más sencillo del que actualmente prevalece en la comunidad científica, sobre el cual aún hoy se está trabajando, investigando. Esto, a fin de ayudar a los alumnos a ser concientes no sólo del carácter provisional y dinámico del conocimiento científico, sino también del hecho de que todavía falta mucho por aprender, por lo que es necesario estar dispuestos a seguir aprendiendo.

Una vez desarrollada esta tarea se les solicita a los alumnos que revean las respuestas dadas a la actividad anterior (de aplicación) y de creerlo necesario que las modifiquen y/o amplíen, atendiendo a las ideas sintetizadas en esta clase. Esta actividad es retirada luego por el docente a fin de evaluar y re-

orientar a los alumnos en lo que respecta a la conceptualización de la idea utilizada, la forma de utilizarla y la manera de elaborar explicaciones a partir de ella.

5.- Actividades de Evaluación

Actividad: “¿Qué y cómo aprendimos?”

Descripción: En esta actividad tiene como objetivo que los alumnos apliquen las ideas construidas y evalúen su propio aprendizaje y la metodología de enseñanza propuesta. Así se les presenta algunas de las actividades propuestas en el pretest (como así también las respuestas que dieron inicialmente) y se les solicita que las amplíen y/o modifiquen de creerlo necesario. A su vez se proponen problemas novedosos donde los alumnos deben aplicar sus ideas para elaborar explicaciones

Es una actividad que pertenece a la etapa de conclusión y se desarrolla individualmente. Se les avisa a los estudiantes con una semana de antelación sobre el desarrollo de esta actividad, ya que es utilizada por el docente como parte de la evaluación procesual. Por lo tanto los alumnos tienen la oportunidad de dedicar tiempo extraescolar a la revisión de los temas abordados y respuestas dadas en cada etapa a las distintas problemáticas. Para ello cuentan con los cuadernos de clase, los apuntes tomados en los distintos momentos de intervención docente y el cuadernillo teórico que se les aportó al comienzo de la instrucción.

Actividad: “¿Qué y cómo aprendimos?”, realizada por el docente con activa participación de los alumnos

Descripción: En esta instancia se les presenta a los alumnos carteles donde se explicitan las ideas por ellos manifestadas durante toda la intervención implementada con el fin de ayudarlos a ser concientes de la evolución de sus propias concepciones.

Analiza entonces junto a los alumnos los modelos subyacentes en la etapa inicial, en la de aplicación y en la de evaluación, dejando en evidencia las diferencias entre los modelos que los estudiantes fueron utilizando a lo largo del proceso de aprendizaje. El objetivo de esta actividad es que los alumnos sean conscientes y reflexionen críticamente acerca del proceso de aprendizaje experimentado, a lo largo de toda la implementación de la propuesta longitudinal, y de lo que implica entonces, aprender los modelos de la ciencia.

Actividad: “Percepción del color”

Descripción: Además de la mencionada instancia de evaluación, luego de una semana de transcurrida la instrucción, se vuelve a presentar a los estudiantes actividades tendientes a que apliquen sus ideas acerca de ambos procesos perceptivos: *cómo vemos y por qué percibimos objetos de distintos colores* (estas tareas se presentan en los Anexo A5 y A6).

Luego de transcurridos tres meses de culminada la instrucción se les volvió a presentar a los alumnos, distintas problemáticas (Anexos A7 y A8) a fin de evaluar sus ideas con el transcurrir del tiempo. Los contenidos abordados en estas instancias fueron todos los analizados durante la implementación de la propuesta didáctica diseñada.

A.4.- Instrumento de recolección de datos: 2° estudio – Instancia Pre - test
(Cuestionario de problemas abiertos)

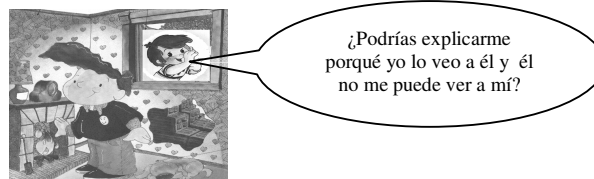
ACTIVIDAD: Nuestras Ideas (3° Parte)

1.- Explica lo que sucede para que tú puedas ver esta hoja. **BASÁTE EN TU IDEA ACERCA DE CÓMO VEMOS Y ELABORA UNA EXPLICACIÓN LO MAS COMPLETA Y DETALLADA POSIBLE.**

Complementa tu respuesta con un dibujo.

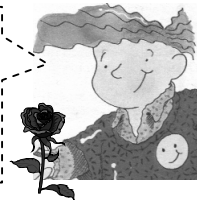
2.- ¿Por qué se dificulta la visión si: **a)** apagas las fuentes de luz presentes en la habitación (logrando, entonces, oscurecerla)? **b)** cierras los ojos? Justifica tus respuestas de la manera **MAS COMPLETA Y DETALLADA** posible

3.-



4.- Explica, de la manera mas **COMPLETA Y DETALLADA** posible qué sucede para que veamos roja a una manzana deliciosa cuando la iluminamos con un foco común. Complementa tu respuesta con un esquema explicativo

5.- Mi profesora me dijo que para ver esta rosa necesito la luz, los ojos y que obviamente esté la rosa.....Puedo entender la importancia de la luz (la cual ilumina el objeto) y los ojos (que en última instancia me permitirán verla), pero no entiendo cuál es la función que cumple esta rosa en el proceso de visión. No entiendo cómo se relaciona con la luz que a ella llega y con mis ojos que la ven... **¿podrías explicármelo?**



6.- Lidia tiene un problema: al observar las nubes, con los anteojos puestos, las ve amarillas y no blancas como habitualmente la percibe al estar iluminadas por la luz del Sol ¿Podrías explicarle porqué le ocurre esto?. Elabora una respuesta lo más **COMPLETA Y DETALLADA** posible.



7.-

a.- ¿Por qué al utilizar este velador veo a las paredes amarillas siendo que habitualmente las veo blanca?



b.- En estas condiciones: ¿todos los seres humanos verán la pared del mismo color que yo?

8.- María decora fiestas de cumpleaños. En esta oportunidad preparó este vistoso aperitivo. Utilizó para ello agua, limón y colorantes.¿Por qué al utilizar colorantes, el limón se ve rojo, el hielo azul y el agua verde?



A.5.- Instrumento de recolección de datos: 2° estudio – Instancia Postest (Test de Respuestas Múltiples)

Actividad: Evaluando nuestro aprendizaje (1° Parte)

A continuación te presento una serie de problemáticas y cuatro respuestas posibles para cada una de ellas. Entre las opciones dadas ELIGE AQUELLA QUE TE PARECE MÁS ADECUADA para responder a cada problema planteado.

1.- Un alumno y su profesor discuten lo siguiente:

Prof: ¿Podrías explicarme cómo hace el señor para ver el diario?

Alumno: En sus ojos se forma una imagen del diario.

Si debieras vos darle una respuesta más completa al profesor, respecto de cómo hace el señor para ver el diario: ¿con cuál de las siguientes opciones le responderías?



- a) El sistema visual del hombre debe funcionarle correctamente y además está mirando hacia el diario y por eso lo puede ver.
- b) La luz que emite la fuente se propaga rectilíneamente y en todas las direcciones en la habitación. Parte ilumina al diario y eso hace que el hombre lo pueda ver.
- c) El diario, como cuerpo opaco que es, refleja difusamente parte de la luz que llega a él. Es éste el proceso que permite se vean los objetos
- d) De la luz que llega al diario, parte se refleja y llega a su sistema visual y los procesos que ocurren allí le permiten al hombre ver el diario.

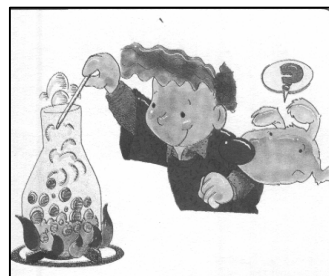
2.- A Fabián le encanta experimentar. En este momento está observando detenidamente lo que ocurre con un líquido aceitoso que está calentando en un recipiente de vidrio. ¿Por qué puede ver lo que ocurre dentro del recipiente?.

a) Porque, tal como lo muestra el dibujo el niño está mirando el recipiente, el cual es transparente y siempre se puede ver lo que hay detrás de este tipo de objetos.

b) Porque el vidrio al ser un cuerpo transparente deja que pase la luz proveniente de una fuente y entonces el líquido se encuentra iluminado por lo que Fabián lo puede ver.

c) Porque el vidrio es un cuerpo transparente y transmite la luz “hacia y desde” lo que hay detrás de él (en este caso el aceite) y entonces Fabián lo puede ver.

d) Porque el vidrio transmite la luz, por lo que la radiación reflejada por el aceite puede llegar al sistema visual de Fabián y desencadenar los múltiples procesos que conducen a la visión.



3.- Si cubres con un cartón esta hoja ya no podrás verla. ¿Por qué?

a) No la veo porque no llega a mis ojos luz que venga desde la hoja (ya que el cartón es opaco y no transmite la luz), por lo tanto no se producen en mi sistema visual los procesos que me permiten ver

b) No la veo porque la luz no puede atravesar el cartón y llegar a la hoja para ser iluminada y hacerla entonces visible ante mis ojos.

c) No la veo porque el cartón es un cuerpo opaco y no se puede ver a través de él. Si hubiese un cuerpo transparente, como por ejemplo un vidrio, sí vería la hoja.

d) No la veo porque los cuerpos opacos (en este caso el cartón) no transmiten la luz que refleja la hoja y es gracias a dicha luz que podemos ver los distintos cuerpos.

4. En una habitación “poco iluminada” podemos ver los objetos con mayor claridad si no los miramos directamente, sino “de reojo”. ¿Por qué?

a) Porque los bastones se ubican en la posición periférica de la retina y la luz se proyecta sobre esta zona sin mirarlos ligeramente de lado a los objetos que la reflejan.

b) Porque pese a la escasa radiación ambiente, algo de luz llega a los objetos y éstos la reflejan difusamente en todas las direcciones lo que nos permite verlos

c) Porque si bien la habitación puede estar “poco iluminada” no se logra nunca la oscuridad total, siempre hay algo de radiación que permite ver los objetos

d) Porque es amplio el campo visual y no vemos sólo lo que miramos directamente sino también lo que hay alrededor.

5.- ¿Por qué ves amarillo un limón si lo iluminas con un foco común?

- a) Porque el limón naturalmente es de ese amarillo, además está iluminado y lo miro
- b) Porque de todos los colores que tiene la luz blanca, el limón es iluminado principalmente por la luz amarilla.
- c) Porque de la luz que ilumina al limón, éste refleja la amarilla y eso permite que lo vea de dicho color.
- d) Porque el limón refleja principalmente luz amarilla, que al interactuar con mi sistema visual hace que lo perciba amarillo

6. Las reposteras utilizan colorantes para lograr en sus tortas distintos efectos. Así, por ejemplo, mezclan colorantes amarillo y azul para representar el césped. ¿Por qué al utilizar estos colorantes, el césped representado en la torta se ve verde, cuando se lo ilumina con un foco común?

- a) Porque los colorantes tienen pigmentos, en este caso de color amarillo y azul, que tiñen la pasta con que se hace el césped. La mezcla de esos colores forman el color verde y por eso se ve el pasto de dicho color.
- b) Porque de todos los colores que componen a la luz blanca que ilumina la torta, los que principalmente le llegan al césped, es el azul y el amarillo y por ello se lo ve verde.
- c) Porque al ser iluminadas por luz blanca, los colorantes que han sido mezcladas reflejan luz azul y amarilla, motivo por el cual el césped aparece verde en la torta
- d) Porque los colorantes reflejan una mezcla de luces azul y amarilla y cuando éstas interactúan con el sistema visual de quien lo observa producen una sensación que conlleva a percibir al césped verde.

7. ¿Por qué vemos roja a esta hoja, si la iluminamos con luz “roja”?

- a) Porque bajo estas condiciones de iluminación, la única luz que reflejará la hoja e interactuará luego con nuestro sistema visual, es la roja por lo que la percibiremos de dicho color.
- b) Porque la luz que ilumina la hoja es roja, y esto hace que se vea de ese color (diferente al que la percibo si la ilumino con luz blanca)
- c) Porque la hoja “blanca”, refleja naturalmente luz blanca (mezcla de todos los colores). Si la miro cuando está iluminada con luz roja, la veré de ese color ya que esta es la única radiación que reflejará.
- d) Porque las luces coloreadas cambian el color de los objetos a los que iluminan. En este caso la luz roja hace que la hoja se torne roja.

8.- Un señor viste una camisa a la que ve amarilla cuando ésta se encuentra iluminada con luz blanca. ¿De qué color la vería si se para debajo de un cartel luminoso que emite luz roja?

- a) La vería anaranjada, ya que al mezclarse el color amarillo (de la camisa) y el color rojo (de la luz del cartel) se obtiene el color anaranjado.
- b) La camisa no se verá amarilla porque la luz que incide en ella no es blanca sino roja y el color del cual se perciben los objetos está determinado por las características de la luz incidente. Seguramente, bajo la luz roja se verá roja.
- c) La vería roja, ya que llegará a su sistema visual luz roja, que es la única radiación que reflejará la camisa en estas condiciones de iluminación.
- d) La vería roja porque la camisa naturalmente refleja una mezcla de luces (celeste, verde, amarillo y rojo), pero si se la ilumina únicamente con luz roja sólo reflejará esta radiación.

Ayuda: Composición de la luz reflejada por un objeto que se ve amarillo cuando incide en él luz blanca



Actividad: Evaluando nuestro aprendizaje (2° Parte)

A continuación te presento una serie de problemáticas y cuatro respuestas posibles para cada una de ellas. Entre las opciones dadas ELIGE AQUELLA QUE TE PARECE MÁS ADECUADA para responder a cada problema planteado.

1.- Este rectángulo al ser iluminado como ahora, con luz blanca, refleja luz roja ¿De qué color lo veríamos si lo iluminamos con luz amarilla (radiación compuestas por luces verde, amarillo y rojo)?

- a) La vería anaranjada, ya que al mezclarse el color amarillo (de la luz) y el color rojo (de la tinta con que fue impreso el rectángulo) se obtiene el color anaranjado.

-
- b)** El rectángulo no se verá rojo porque la luz que incide en él no es blanca sino amarilla y el color del cual se perciben los objetos está determinado por las características de la luz incidente. Seguramente, bajo la luz amarilla se verá amarillento
- c)** Lo veríamos rojo, ya que llegará a nuestro sistema visual luz roja, que de todas las luces que componen la luz amarilla, es la única que refleja la tinta con que fue impreso el rectángulo.
- d)** Lo veríamos rojo porque la tinta con que fue impreso el rectángulo naturalmente refleja el rojo (una de las radiaciones que componen a la luz incidente) y absorbe las demás luces coloreadas que incidan en ella

2.- En este momento tú puedes ver el lápiz con el que estas escribiendo: ¿por qué?

- a)** Porque mi sistema visual funciona correctamente y además estoy mirando el lápiz y por eso lo puede ver.
- b)** Porque el lápiz, como cuerpo opaco que es, refleja difusamente parte de la luz que llega a él. Y es éste proceso el que permite se vean los objetos
- c)** Porque la luz que emite la fuente (fluorescente, por ejemplo) se propaga rectilíneamente y en todas las direcciones en el salón. Parte de esa luz ilumina al lápiz que estoy mirando y por eso lo veo.
- d)** Porque de la luz que llega al diario, parte se refleja y llega a mi sistema visual y los procesos que ocurren allí me permiten verlo.

3. Un iluminador en una sala de teatro, logró que los espectadores vean azul un telón (que al ser iluminado con luz blanca se veía blanco) cuando lo iluminó con un fuente de luz que emite luz azul ¿Por qué los espectadores vieron el telón azul?

- a)** Porque bajo estas condiciones de iluminación, la única luz que reflejará el telón e interaccionará luego con el sistema visual de los espectadores, es la azul por lo que la percibirán de dicho color.
- b)** Porque la luz que ilumina el telón es azul, y esto hace que se vea de ese color (diferente al que se lo percibe si se lo ilumina con luz blanca)
- c)** Porque el telón “blanco”, refleja naturalmente luz blanca (mezcla de todos los colores). Si los espectadores lo miran cuando está iluminada con luz azul, la verán de ese color ya que esta es la única radiación que reflejará.
- e)** Porque las luces coloreadas cambian el color de los objetos a los que iluminan. En este caso la luz azul hace que el telón se torne azul.

4.- Si cubres tus ojos con las manos, ya no podrás ver los objetos que te rodean. ¿Por qué?

- a)** No los veo porque no llega a mis ojos luz que venga desde los objetos (ya que mis manos son opacas y no transmite la luz), por lo tanto no se producen en mi sistema visual los procesos que me permiten ver
- b)** No los veo porque si bien se cumple el principal proceso que permite que veamos los objetos, que es que la luz los *ilumine*, no los estoy mirando.
- c)** No los veo porque mis manos son cuerpos opacos y no se puede ver a través de este tipo de objetos. Si hubiese colocado ante mis ojo un cuerpo transparente, como por ejemplo un vidrio, sí vería lo que hay a mi alrededor
- d)** No la veo porque los cuerpos opacos (en este caso mis manos) no transmiten la luz que reflejan los objetos y es gracias a dicha luz que podemos ver los distintos cuerpos.

5.- ¿Por qué ves blanca una nube iluminada por la luz del Sol?

- a)** Porque la nube refleja todos las luces de colores que constituyen la luz blanca. Cuando esa mezcla de luces interaccionan con mi sistema visual hace que perciba a la nube, blanca
- b)** Porque todos los colores que tiene la luz blanca (que mezclados forman el blanco), iluminan de igual manera a la nube.
- c)** Porque la nube naturalmente es blanca, además está iluminada y la miro
- d)** Porque nube, refleja todos los colores que inciden en ella (y que juntos forman el blanco) y eso produce que la vea blanca

6.- ¿Por qué cada vez que deseamos ver un objeto claramente, dirigimos (movemos) nuestros ojos de manera tal que el mismo quede frente a ellos?

- a)** Porque los objetos se ven gracias a la luz que ellos reflejan y porque yo los miro (dirijo mis ojos hacia ellos)
- b)** Porque en estas condiciones es más probable que la luz reflejada por los objetos llegue a mis ojos produciéndose entonces la visión del mismo.
- c)** Porque para poder ver los objetos debemos dirigir nuestra mirada hacia ellos, si no los miro directamente quizá pueda verlos igual, pero no con tanta claridad.

d) Porque para poder verlo es necesario no sólo que la luz de la fuente llegue a los objetos y los ilumine, sino también que los mire (dirija mis ojos hacia ellos)

7. La maestra de plástica, le propone a sus pequeños alumnos mezclar temperas (que se ven roja y amarilla al ser iluminadas con luz blanca) para pintar una flor. Los niños observan con asombro que al mezclar dichas témperas perciben ahora a su pintura anaranjada. ¿Por que?

a) Porque de todos los colores que componen a la luz blanca que ilumina la mezcla de témperas, los que principalmente llegan a ella es el rojo y el amarillo y por ello se la ve anaranjada.

b) Porque las témperas reflejan luces roja y amarilla y cuando éstas interaccionan con el sistema visual de los niños, producen una sensación que conlleva a que perciban a la mezcla de témperas anaranjada

c) Porque al ser iluminadas por luz blanca, las témperas que han sido mezcladas reflejan luz roja y amarilla, motivo por el cual la mezcla se ve anaranjada

d) Porque las témperas tienen pigmentos, en este caso de color amarillo y rojo y la mezcla de esos colores forman el color anaranjado y por eso ven la mezcla de témperas de dicho color

8.- En los museos exponen las piezas de colección en cajas de vidrio para que los visitantes puedan verlas claramente (a la vez que las protegen de posibles deterioros). ¿Por qué, aún estando dentro de las cajas, se las podrá ver?

a) Porque el vidrio es un cuerpo transparente y transmite la luz “hacia y desde” lo que hay detrás de él (en este caso las piezas de colección) y entonces los visitantes podrán ver las reliquias

b) Porque el vidrio al ser un cuerpo transparente deja que pase la luz proveniente de una fuente (como un foco por ejemplo) y entonces las piezas de colección se encuentran iluminadas motivo por el cual se las puede ver

c) Porque el vidrio transmite la luz, por lo que ésta puede llegar a las piezas de colección y la radiación reflejada por ellas puede llegar al sistema visual de los visitantes que las observan y desencadenar los múltiples procesos que conducen a la visión.

d) Porque las cajas son de vidrio que es un cuerpo transparente y siempre se puede ver lo que hay detrás de este tipo de objetos.

A.6.- Instrumento de recolección de datos: 2° estudio – Instancia Postest (Cuestionario de problemas abiertos)

Actividad: Evaluando nuestro aprendizaje (3° Parte)

1. Como una manera de que juntos podamos evaluar lo que hemos aprendido, te entregamos un posible guión para una obra de teatro infantil. Tu deberás completar el diálogo de Fabián dándoles a sus amigos una explicación coherente con la de las ciencias respecto de los fenómenos que intentan comprender.

Damián invitó a sus amigos a ver una película a su casa. Acudieron Fabián, Manuela, Marcelo, Pablo y Analía. Mientras miraban la película, que era de ciencia ficción, algunos de ellos comentaban asombrados lo que le sucedía a los protagonistas. Sin embargo, Fabián, no estaba de acuerdo con los comentarios de sus amigos:

- *Eso no es verdad..... solo son trucos que hacen que parezca realidad.... es solo una película de ciencia ficción.... todo tiene su explicación, y se pueden lograr esos efectos trabajado adecuadamente con los elementos necesarios, sobre todo con la iluminación....*

- *Te parece Fabián????...-dijo Marcelo- ... porque a mí me sucedió algo parecido el otro día... algo realmente extraño....les cuento?.*

- *Sí.... qué te pasó?...dijo Analía*

- *Mi mamá me regaló una remera espectacular... color blanca.... y me la puse para ir a la fiesta de cumpleaños de 15 de Milagros. Cuando llegué, no saben lo que me pasó..... José se acercó y me dijo....¡ Qué buena remera azul que te pusiste, Marcelo!.... Entonces yo le dije... no es azul, es blanca..... Pero cómo?... ¡ mirala!... Y eso sí que me sorprendió, mi remera era ahora azul...*

- *Estas seguro?....- preguntó Analía- tu mamá no la habría lavado con un pantalón azul que destiñera....?..*

- *Sí... seguro pasó eso- compartió Pablo*

- *No!!!!!!!!!!!!... me la puse ni bien me la regaló- aclaró Marcelo.*

- *Marcelo...- interrogó Fabián -... en la fiesta había juego de luces?.*

- *Sí...y?... que tiene que ver?*

- *Es que ahí puede estar la explicación..... Si tu remera fue iluminada con luz azul....*

- *No... eso que importa- interrumpió Manuela- la remera es blanca, porque la hicieron blanca en la fábrica... y punto....*

- *Pero Manuela... pensemos un poquito – invitó Fabián-... si cambias la fuente de luz, las cosas ya no se ven del mismo color.....porque...¿porqué veías la remera blanca?...*

- *Porque la habían hecho con tela blanca?- dijo Manuela-*

- *Bueno... en realidad, vemos blanca la remera porque*

1.-

- *Ah!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!.....- corearon los amigos-*

- *Y seguramente – aclaró Fabián – la remera se veía azul en la fiesta porque era azul la luz que la iluminaba*

- *Y eso qué tiene que ver? – preguntó Manuela –*

- *Sucede – continuó Fabián – que*

2.-

- *Así... pero como me explicas esto.... Fabián????- dijo Pablo-...Mi hermano se compró unos anteojos con vidrios amarillos... y el tonto después veía todo de colores raros....¡imagínate que a las nubes la veía amarillas?!!!... y no había juegos de luces en el cielo...eh?.*

- *Es más o menos lo mismo, Pablo.... porque... piensa como vemos....*

- *Cómo como vemos???. Vemos porque miramos....- interrumpió Analía.*

- *Sí.. porque tenemos los ojos abiertos y hay luz que ilumine.. porque si no hay luz no vemos nada... o al menos vemos todo oscuro – Agregó Damián.*

- *Bueno.....si no hay nada... nada de luz... no vamos a ver – aclaró Fabián - ..pero lo que pregunto es... qué ocurre para que con los ojos abiertos y la luz iluminando las cosas podamos ver???*

- *..... (se miran interrogándose en silencio).*

- *Para que podamos ver...- continuó Fabián - la luz debe llegar a nuestros ojos... como el sonido debe llegar a nuestros oídos para poder escuchar o el perfume a la nariz para poder percibir los aromas...*

- *¿Pero la luz que sale de la lámpara?...- preguntó Analía –*

- *Bueno ... para ver este sillón*

3.-

-
- Ah - corearon los amigos
- ¿Entendieron? – interrogó Fabián- Veamos si es cierto.... Manuela, ¿cómo explicas usando esta idea que te conté, que si me coloco de espaldas a vos ya no puedo verte?
- Ocorre que – dijo Manuela –
- 4.-**
- Muy bien! – exclamó Fabián - y a ver Pablo – continuó - cómo explicarías tu el hecho de que si apago todas las fuentes de luz y logro oscurecer totalmente esta habitación, ya no podríamos ver nada?
- Eso es fácil - contestó Fabián – lo explico diciéndote que:
- 5.-**
- Bueno... parece que sí lo han entendido – reflexionó Fabián – sólo quedaría por explicar, por ejemplo, porqué si te vendo los ojos, Damián, ya no verás lo que ocurre a tu alrededor
- Damián contesto:
- 6.-**
- Pero eso que tiene que ver con los anteojos de mi hermano????!!!! – interrumpió Pablo impaciente.
- Bueno, lo que sucede en ese caso – aclaró Fabián - es que la luz del Sol llega a las nubes,
- 7.-**
- Alguien quiere agua?- preguntó Damián trayendo sobre una bandeja una jarra con agua “violeta”- están seguras... no me van a decir que no los sorprendí con esta agua especial...
- Hay... Damián - dijo Manuela- con todo lo que aprendimos es obvio que esa agua tiene un colorante...
- Claro- explicó Analía- sucede que....
- 8.-**
- Y todos los seres humanos lo verían violeta? – interrogó Manuela –
- Bueno en realidad no - contestó Damián _ ya que....
- 9.-**

A.7.- Instrumento de recolección de datos: 2° estudio – Instancia Demora (Test de Respuestas Múltiples)

ACTIVIDAD: Evaluando lo aprendido.... Después de un tiempo (1° Parte)

A continuación te presento una serie de problemáticas y cuatro respuestas posibles para cada una de ellas. Entre las opciones dadas **ELIGE AQUELLA QUE TE PARECE MÁS ADECUADA** para dar como **EXPLICACIÓN** a cada problema planteado.

1.- ¿Por qué cada vez que deseamos ver un objeto claramente, movemos nuestros ojos de manera tal que el mismo quede frente a ellos?

- a) Porque para poder ver los objetos debemos dirigir nuestra mirada hacia ellos, si no los miro directamente quizá pueda verlos igual, pero no con tanta claridad.
- b) Porque los objetos se ven gracias a la luz que ellos reflejan y porque yo los miro (dirijo mis ojos hacia ellos)
- c) Porque en estas condiciones es más probable que la luz reflejada por los objetos llegue a mis ojos produciéndose entonces la visión del mismo.
- d) Porque para poder verlo es necesario no sólo que la luz de la fuente llegue a los objetos y los ilumine, sino también que los mire (dirija mis ojos hacia ellos)

2. ¿Por qué vemos verde a esta hoja si la pintamos con témpera, de dicho “color”?

- a) La témpera tiene pigmentos (en este caso de color verde) que ti nen con su color a los objetos que se pintan con ella y entonces, bajo estas condiciones, veremos verde a la hoja que naturalmente es blanca.
- b) Vemos la hoja verde, y no blanca como habitualmente se la ve, porque la témpera, al ser iluminada por luz blanca, refleja principalmente la luz verde.
- c) De todos los colores de la luz blanca que ilumina la hoja pintada con témpera, el que principalmente le llega es el verde, motivo por el cual vemos ahora a la hoja de ese color.
- d) La témpera refleja luces verde y amarilla y cuando esa mezcla llega a nuestro sistema visual, desencadenan múltiples procesos que hacen que la percibamos verde.

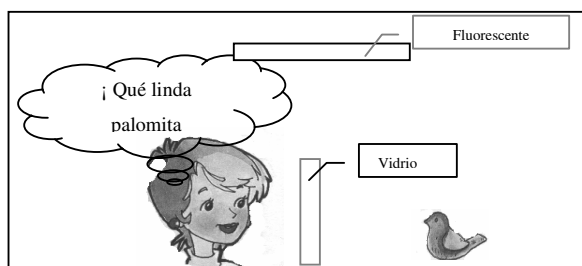
3. ¿Por qué ves la hoja donde est n escritas estas preguntas?

- a) Porque la luz que no fue absorbida por la hoja, se refleja difusamente y llega a mis ojos y esto me permite verla.
- b) Porque mis ojos funcionan correctamente y estoy mirando hacia la hoja.
- c) Porque la hoja refleja (difusamente y en todas las direcciones) gran parte de la luz que incide en ella.
- d) Porque la luz emitida por la fuente, se propaga rectilíneamente hasta la hoja, la ilumina, y esto me permite verla.

4. En nuestra ciudad suelen utilizarse fuentes de Sodio para iluminar las calles. Si llevamos un suéter “blanco”, bajo estas condiciones se verá amarillo: ¿por qué?

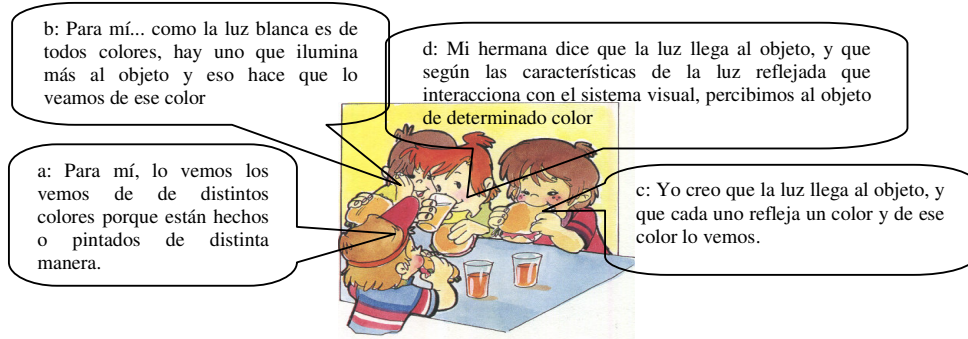
- a) Bajo estas condiciones de iluminación, la única luz que reflejará el suéter e interaccionará luego con nuestro sistema visual, es la amarilla por lo que lo percibiremos amarillo.
- b) Porque la luz que ilumina el suéter es amarilla, y esto hace que se vea de dicho color (diferente al que lo percibo si lo ilumino con luz blanca)
- c) El suéter “blanco” refleja naturalmente luz blanca (mezcla de todos los colores). Si lo miro cuando est  iluminado con luz amarilla, lo verá de ese color ya que esta es la única radiación que reflejará.
- d) Porque las luces coloreadas cambian el color que naturalmente tienen los objetos. En este caso la luz amarilla hace que el sweater se torne amarillo.

5. ¿Por qué la señora puede ver la paloma, pese a que un vidrio se interpone entre ellos?



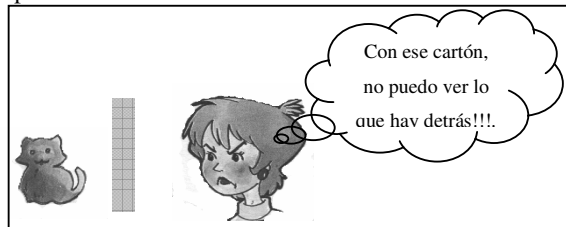
- a) El vidrio es un cuerpo transparente y estos cuerpos dejan pasar la luz proveniente de la fuente. La paloma, entonces permanece iluminada por lo que la señora puede verla.
- b) A diferencia de los cuerpos opacos, se puede ver a través de los cuerpos transparentes. El vidrio es un cuerpo transparente, y por ello la señora puede ver la paloma.
- c) El vidrio transmite la luz, por lo que la radiación reflejada por la paloma puede llegar a su sistema visual y entonces la ve.
- d) Como el vidrio es un cuerpo transparente, transmite la luz “hacia y desde” lo que hay detrás de él, en este caso la paloma, y por eso puede verla.

6. ¿Porqué vemos objetos de distintos colores?... Esa era la pregunta que el Profesor les había pedido a nuestros amigos que contesten para la próxima clase. Con cuál de los niños estás más de acuerdo?



7. ¿Por qué la señora no logra ver el gato?

- a) El cartón es un cuerpo opaco que no dejan pasar la luz proveniente de la fuente para que el gato permanezca iluminado y así la señora pueda verlo.
- b) A diferencia de los cuerpos transparentes, no se puede ver a través de los cuerpos opacos. El cartón es un cuerpo opaco y por ello la señora no puede ver el gato.
- c) El cartón no transmite la luz y entonces la radiación reflejada por el gato no llega al ojo de la señora, por lo que ella no puede verlo.
- d) Como el cartón es un cuerpo opaco, no transmite la luz “hacia y desde” lo que hay detrás de él, en este caso el gato, y por eso no puede verlo.




8.- Una persona daltónica “ve” solamente cuando la luz es azul, violeta o cian. ¿De qué color verá él una pelota de voley (que todo observador normal ve blanca bajo la luz del sol) si se la ilumina con una fuente de Neón (emite luz azul)?

- a) La pelota naturalmente refleja la luz azul y esta persona puede ver dicha radiación, por lo que terminará viendo azul a la pelota.
- b) Dado que el sistema visual de esta persona se estimula con luz azul y que la pelota refleja naturalmente esta radiación, verá la pelota azul.
- c) Dado que las luces coloreadas agregan su color a los objetos y que esta persona puede ver el azul, verá de dicho color la pelota cuando es iluminada con luz azul.
- d) La verá azul, porque la luz emitida por la fuente de Neón es de dicho color, y esta persona, pese a su enfermedad, puede ver esta radiación.

ACTIVIDAD: Evaluando lo aprendido.... Después de un tiempo (2° Parte)

1.- Cuando entramos en una habitación iluminada tenuemente, proviniendo de otro lugar donde la luz era intensa, nos cuesta “ver con claridad” los objetos que hay dentro: ¿por qué?

- a) Dado que la intensidad de la luz (dentro de la habitación) es baja los objetos que se encuentran dentro reflejan poca luz y por ello no podemos verlos con tanta claridad.
- b) Por provenir de un lugar de mayor luminosidad, estamos encandilados y entonces al entrar a la habitación que se encuentra en penumbras nos cuesta mucho distinguir los objetos (hay que esperar que las pupilas se dilaten para poder verlos).
- c) Sucede que la luz que ilumina las cosas que hay en la habitación donde ingresamos es de baja intensidad y por ello no vemos con tanta “claridad” lo que hay dentro de la habitación, ya que están poco iluminados.
- d) La mayor intensidad de la luz con la que estamos en contacto fuera de la habitación, hace que las pupilas se contraigan y entonces la luz (proveniente de los objetos que están en la habitación) que puede ingresar al ojo no es la suficiente para estimular el sistema visual y así poder verlos

2. Para imprimir este rectángulo, la impresora hace uso de tinta roja y amarilla. ¿Por qué al utilizar estas tintas el rectángulo (iluminado con luz blanca) se ve anaranjado? 

- a) Porque al ser iluminado por luz blanca, las tintas que han sido mezcladas absorben la mayoría de los colores y reflejan luz roja y amarilla, motivo por el cual el rectángulo aparece anaranjado en la hoja
- b) Porque las tintas (iluminadas con luz blanca) reflejan luz roja y amarilla y cuando éstas interactúan con nuestro sistema visual producen una sensación que conlleva a percibir al rectángulo anaranjado.
- c) Porque las tintas tienen pigmentos, en este caso de color amarillo y rojo, que tiñen la hoja. La mezcla de esos colores forman el color anaranjado y por eso se ve el rectángulo de dicho color.
- d) Porque de todos los colores que componen a la luz blanca que ilumina la hoja, los que principalmente le llegan al rectángulo que ha sido impreso, es el rojo y el amarillo y por ello se lo ve anaranjado.

3.- Si diriges tus ojos hacia el frente (mirando fijamente el pizarrón) verás no sólo la pizarra sino también (y con bastante claridad), a los compañeros que tienes sentados a tus costados: ¿cómo es posible esto?

- a) Porque no sólo vemos los cuerpos que tenemos enfrente, sino también los que están alrededor (independientemente que sean opacos, transparentes o translúcidos) porque todos reflejan difusamente, al menos parte, de la luz que incide en ellos.
- b) Porque nuestro campo visual es amplio y, aunque enfoquemos nuestros ojos hacia un punto (como el pizarrón), podemos ver lo que hay a los alrededores (por ejemplo los chicos).
- c) Porque todos los cuerpos reflejan luz difusamente, y ésta se propaga en todas las direcciones. La radiación proveniente de distintos objetos puede incidir en nuestros ojos, motivo por el cual podemos llegar a ver no sólo los objetos que tenemos frente sino también algunos de los que están alrededor.
- d) Porque la luz del ambiente no sólo ilumina el objeto que tengo en frente sino a todos los demás (ya que ésta se propaga desde la fuente y en todas las direcciones) y si los objetos están iluminados, los puedo ver.

4.- Juan, un niño daltónico (que ve solamente cuando la luz es azul o verde), vería verde esta hoja si la iluminamos con luz verde: ¿por qué?

- a) Porque la hoja que vemos blanca, refleja todos los colores cuando se la ilumina con luz blanca. Si la iluminamos con luz azul la reflejará y entonces Juan la verá azul (ya que ve esta radiación)
- b) Porque las luces coloreadas agregan su color a los objetos, en este caso “tiñendo” de verde a la hoja blanca. Dado que Juan puede ver el verde podrá ver de dicho color esta hoja (que naturalmente es blanca)
- c) Porque bajo estas condiciones de iluminación la hoja refleja luz verde, y ésta al llegar a los ojos de Juan logra estimular su sistema visual (a diferencia de otras como la roja) y entonces la verá verde.
- d) Dado que la luz emitida por la fuente es verde, Juan verá la hoja verde, porque pese a su enfermedad, puede ver dicha radiación.

5. “Las puertas de los modulares son de vidrio y podemos ver los utensilios de cocina que guardamos dentro de ellos”. ¿Con cual de las siguientes respuestas justificarías esta afirmación?

- a) El vidrio, al ser un cuerpo transparente, deja pasar la luz proveniente de la fuente (foco por ejemplo) y entonces los objetos que hay dentro del modular son iluminados, por consiguiente, los podemos ver
- b) A diferencia de los cuerpos opacos, podemos ver a través de los cuerpos transparentes. El vidrio es un cuerpo transparente, y por ello veremos los objetos que hay dentro del modular
- c) El vidrio transmite la luz, por lo que ésta puede llegar a los utensilios y la radiación reflejada por ellos puede llegar a nuestros ojos y desencadenar los múltiples procesos que hace que los veamos.

d) Como el vidrio es un cuerpo transparente, transmite la luz “hacia y desde” lo que hay detrás de él, en este caso los utensilios de cocina, y por eso podemos verlos

6. ¿Si a este rectángulo (que al ser iluminado con luz blanca refleja luz azul, verde y amarilla) lo iluminamos con verde lo veríamos verde: ¿por qué?

a) Porque llegará a nuestro sistema visual luz verde, ya que es la única radiación que reflejará el rectángulo en estas condiciones de iluminación.

b) Porque la luz que incide en él no es blanca sino verde y el color del cual se perciben los objetos está determinado por las características de la luz incidente.

c) Porque se mezclan el color turquesa del rectángulo (que es un color claro) con el color verde de la luz (color más oscuro).

d) Porque en estas condiciones de iluminación sólo reflejará la luz verde (luz que “naturalmente” refleja al iluminárselo con luz blanca)

7. Si cubro mi cuerpo con una manta ya no podrás verme: ¿por qué?

a) No me ves porque la luz proveniente de las fuentes no es transmitida por la manta (porque es un cuerpo opaco) y si yo no estoy iluminada, no soy visible a tus ojos

b) No me ves porque no llega a tus ojos luz proveniente de mí (ya que la manta es un cuerpo opaco y no transmite luz), por lo tanto no se producen en tu sistema visual los procesos que conducen a la visión.

c) No me ves porque la manta es un cuerpo opaco y no se puede ver a través de ellos. Si estuviese detrás de un cuerpo transparente (como el vidrio de una ventana) sí podrías verme.

d) No me ves porque los cuerpos opacos (en este caso la manta) no transmiten la luz que yo reflejo, y es gracias a dicha luz que podemos ver los distintos objetos.

8. ¿Por qué ves azul este rectángulo al iluminarlo con luz azul?

a) Porque está impreso con tinta azul, además está iluminado y yo lo miro.

b) Porque de la luz que ilumina el rectángulo, éste refleja la luz azul y eso permite que lo vea de dicho color.

c) Porque de todos los colores que tiene la luz blanca, el rectángulo está siendo iluminado principalmente por la luz azul y entonces lo veo de dicho color

d) Porque la tinta que se usó para dibujarlo refleja principalmente luz azul, que al interactuar con mi sistema visual hace que lo perciba azul.

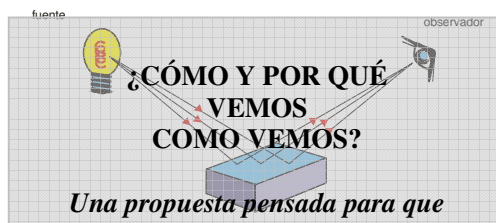
**A.8.- Instrumento de recolección de datos: 2° estudio – Instancia Demora
(Cuestionario de problemas abiertos)**

ACTIVIDAD: Evaluando lo aprendido.... Después de un tiempo (3° Parte)

Utilizando TU IDEA ACERCA DE CÓMO VEMOS Y CÓMO Y PORQUÉ VEMOS OBJETOS COLOREADOS y elabora la explicación MAS COMPLETAS Y DETALLDA POSIBLE que le darías:

- 1.- a tu profesor, si te pide que expliques que sucede para que vos puedas verla cuando está iluminada y se para adelante tuyo
- 2.- al iluminador de una sala de teatro que se cuestiona porqué los objetos de la escenografía no se perciben del mismo color cuando los ilumina con luces blancas o azules
- 3.- a un niño que no entiende porqué no lo ven si se esconde detrás de un árbol, cuando juega a las escondidas, pero sí lo descubren si se para detrás de una ventana
- 4.- a una repostera que, para simular el pasto de una cancha de fútbol mezcla colorantes azul y amarillo, y se pregunta porqué la misma se ve verde
- 5.- a un niño que estando en una habitación en penumbras, “descubre” que él ve con bastante claridad a su mamá que acaba de entrar a la habitación pero su mamá no puede verlo a él?
- 6.- a un alumno que no entiende porqué sin luz no se perciben los objetos coloreados? Y a otro que no entiende por qué los objetos se perciben de distintos colores si se los ilumina con el mismo foco
- 7.- a tu profesora que te pide que justifiques por qué NO TODOS los seres humanos ven “roja” la “primera fuente luz” de los semáforos (por ejemplo)

A.9.- MATERIAL PARA ALUMNOS: Cuadernillo de Actividades



Hola! Mi nombre es Bettina Bravo y soy profesora de Física, y como tal, me interesa mucho encontrar la manera de enseñar cada día un poquito mejor, para que ustedes puedan aprender, también de la mejor manera, algunos de los conocimientos que hoy proponen las ciencias.

Por eso, he decidido seguir estudiando, pero estoy convencida de que nadie más que ustedes puede enseñarme a mí como aprenden y junto a ello, cuál sería la mejor manera de enseñarles.

Con este gran (y quizás ambicioso) objetivo, es que les propongo que trabajemos juntos por un tiempo. He preparado para ello una serie de actividades, que espero les gusten y entretengan, pero por sobre todo, los ayude a aprender unos de los temas que estudia la Física y que es: la visión y percepción de los colores.

Pero debo confesarles algo.. Para que pueda aprender de ustedes, necesito que contesten a cada una de las actividades propuestas de la manera más amplia posible... justificando cada una de sus ideas, de sus opiniones, de sus propuestas, de sus acciones y conclusiones. ¡¡¡Si... ya lo se!!!... a ninguno nos gusta demasiado escribir... eso implica un gran esfuerzo para todos ... ¿Peso saben una cosa?.. es ésta la única manera que tengo para poder conocer lo que piensan, como explican los fenómenos, qué y cómo van aprendiendo... Por eso les pido que siempre, me cuenten TODO, hasta aquello que les parezca obvio, o innecesario aclarar al momento de resolver las actividades, porque esa será la mejor manera de enseñarme.

Si todo sale como espero... nos divertiremos mucho mientras trabajemos juntos y, sobre todo... lo más importante... espero ansiosa que ustedes y yo aprendamos... porque esto no solo será un beneficio para nosotros sino también para otros compañeros que en un futuro les “toque aprender” acerca de la visión y los colores.

Desde ya, quiero agradecerles la “ayuda” que me dan y... no perdamos más tiempo, ¡¡¡ ingresemos juntos de inmediato al fascinante mundo de las Ciencias !!!

Antes de comenzar nuestro estudio acerca de la visión y los colores, les propongo analizar juntos otra temática relacionada con las ciencias: “La formación del día y la noche”. El objetivo principal de esta etapa es que podamos *CONOCERNOS*... y con ello, conocer las formas de trabajo que ustedes y yo tenemos. Confío en que esto nos ayudará a todos a acordar algunas pautas al respecto que permita llevar a cabo con mayor éxito la enseñanza y el aprendizaje del tema central que nos ha “reunido”... “Cómo vemos y por qué vemos como vemos”. Les presento entonces, a continuación las actividades que he diseñado para que realicemos juntos y al final, un pequeño apunte teórico que he preparado para ayudarlos a entender mejor todos los temas que estudiaremos.

Ahora sí... ¡¡¡¡ a trabajar!!!



ACTIVIDAD N° 1: Tus ideas, mis ideas, nuestras ideas ... acerca del proceso de ver

- 1) ¿Qué debe suceder para que tu veas los objetos que te rodean?.
- 2) ¿Qué harías para dejar de ver esta hoja?. Propone al menos tres alternativas.
- 3) Confronta tus respuestas con las de tus y vuelvan a contestar la problemática haciendo uso de las ideas compartidas por el grupo.
- 4) Contesten también las siguientes cuestiones:
 - a) ¿Qué función cumplen, en el acto de “ver”, cada uno de los elementos que creen que intervienen en el proceso de visión?
 - b) Elijan un objeto cualquiera y representen mediante un dibujo, cómo actúa cada uno de los elementos mencionados (en el inciso anterior) cuando ustedes ven el objeto elegido.

Para contestar estas preguntas, pueden realizar todas las experiencias que se plantean en los problemas e intentar llegar a un consenso. En caso de no llegar a un acuerdo, enuncien las discrepancias.

No se olviden de justificar exhaustivamente cada respuesta y de explicar vuestro proceder al realizar las experiencias.

ACTIVIDAD N°2: La luz, los objetos... y sus interacciones !!!

Para poder comenzar a estudiar el papel de la luz, los objetos y el sistema visual en el proceso de ver, resulta importante que volvamos a analizar cuáles son las características más relevantes de la luz como así también los procesos que se llevan a cabo cuando ella incide en distintos cuerpos

Haciendo uso de lo todo lo aprendido a partir de estudiar la “formación del día y la noche”, responde las siguientes problemáticas:

- 1) Da ejemplo de fuentes de luces naturales y artificiales
- 2) Representa mediante un esquema cómo se propaga la luz desde la fuente hasta un objeto cualquiera.
- 3) Representa a partir de un dibujo, qué ocurre cuando la luz incide:
 - a) sobre un cuerpo opaco
 - b) sobre un cuerpo transparente
 - c) sobre un cuerpo espejado

ACTIVIDAD N°3: Nuestro sistema visual

“Cuando en un día soleado, luego de permanecer al “aire libre” por un tiempo, entramos a una habitación nos cuesta “ver con claridad” los objetos que hay dentro: ¿por qué?”

- 1) De las siguientes opciones elige la que creas más adecuada para explicar la situación enunciada. Si no estás de acuerdo con ninguna de ella elabora tu propia explicación
 - a) Dado que la intensidad de la luz es diferente si proviene de un foco o del Sol, los objetos que se encuentran dentro de la habitación reflejan menos luz que los que están al “aire libre” y por ello no los vemos (dentro de la habitación) con tanta claridad.
 - b) Por permanecer tanto tiempo al aire libre, estamos encandilados y entonces al entrar a la habitación cuesta mucho distinguir los objetos (hay que esperar que las pupilas se dilaten para poder verlos).
 - c) Sucede que la luz que ilumina las cosas que hay en la habitación es menos intensa que la luz del Sol que ilumina los objetos que hay afuera. Por ello no vemos con tanta “claridad” lo que hay dentro de la habitación, cuando entramos a ella.
 - d) Al estar en contacto con la luz solar, las pupilas se contrajeron y esto hace que la luz (proveniente de los objetos) que puede ingresar al ojo no sea la suficiente para estimular el sistema visual y así verlos con claridad.
- 2) Elige una de las respuestas con las que NO estás de acuerdo y explica por qué no lo estás
- 3) Comparte tus ideas con las de tu compañero y elaboren una respuesta en conjunto. Si no llegan a un consenso describan las discrepancias.

A fin de corroborar sus predicciones, les propongo realizar la siguiente actividad

Necesitaran: una linterna, un espejo, oscurecer el salón y ... ¡¡¡ sus ojos !!!. Observa el tamaño de tu pupila haciendo uso de un espejo. Pide a un compañero que ilumine uno de tus ojos con la linterna y observa los cambios que ocurren en tu pupila.

- a) Registra todas tus observaciones

- b) *Intenten ahora dar una explicación a los cambios observados.*
- 4) Qué respuesta darían a la siguiente pregunta: “¿Qué debe suceder para que el sistema visual se ponga en funcionamiento?”
- 5) Realicen un esquema del ojo humano e indiquen todas aquellas partes y funciones que recuerden.
- 6) Realicen una búsqueda bibliográfica que les permita construir un modelo tridimensional de nuestro ojo, el cual ayude a reconocer las partes constitutivas y a interpretar como “funciona”.

ACTIVIDAD N° 4: Nuestro sistema visual....

1) Cierra el ojo izquierdo y utiliza el derecho para ver la X. Mueve lentamente esta hoja acercándola a tu ojo y luego alejándola. En algún momento, parecerá que el punto desaparece. A partir de lo que hemos discutido en clase, respecto al funcionamiento de nuestros ojos, explica el fenómeno experimentado.

X



2) Esta actividad debes realizarla en una noche “clara” y sin fuentes de luces artificiales cercanas. Mira a las estrellas y localiza una poco brillante ubicada ligeramente hacia la derecha o la izquierda del punto en el cual vos te enconaras observando. Si cambias tu foco para mirar directamente a esa estrella, ésta parece desaparecer. A partir de lo que hemos discutido en clase, respecto al funcionamiento de nuestros ojos, explica el hecho experimentado.

3)

a) Realiza una búsqueda bibliográfica que te permita conocer los elementos constitutivos de una máquina fotográfica, como así también su función. Describe los procesos implicados al sacar y revelar una fotografía

b) Compara ahora, las partes constitutivas y funcionamiento de la máquina fotográfica y nuestro sistema visual. Enuncia similitudes y diferencias.

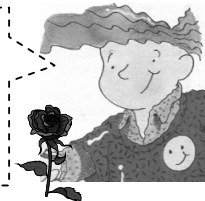
4) Compara ahora nuestros sistema visual con el resto de los sentidos, de manera tal que puedas completar la siguiente tabla:

Sentido	Órgano receptor	Estímulo externo que “activa” al órgano	Sensación producida
Auditivo			
Tacto			
Olfato			
Visión			

ACTIVIDAD N° 5: Y el rol del objeto??!

1) Relee las respuestas que diste inicialmente a la siguiente actividad y decide si la cambiarías. De creerlo oportuno cambiarla o ampliarla dá tu nueva explicación

5.- Mi profesora me dijo que para ver esta rosa necesito la luz, los ojos y que obviamente esté la rosa.....Puedo entender la importancia de la luz (la cual ilumina el objeto) y los ojos (que en última instancia me permitirán verla), pero no entiendo cuál es la función que cumple esta rosa en el proceso de visión. No entiendo cómo se relaciona con la luz que a ella llega y con mis ojos que la ven. ¿podrías ayudármelo?



2) Comparte tu respuesta con la de tus compañeros e intenten elaborar una nueva respuesta que sea representativa del grupo. En caso de no llegar a un consenso, explicar las discrepancias.

3) Realiza un esquema conceptual, involucrando la mayor cantidad de términos posibles (y especificando las conexiones o nexos entre ellos) para explicar de la manera MAS COMPLETA POSIBLE.... “CÓMO VEMOS LOS OBJETOS QUE NOS RODEAN”.

ACTIVIDAD N°6: El proceso de ver...

1) Utilizando tu idea acerca de cómo vemos, explica porqué si cubrís esta hoja con un cartón dejás de verla mientras que si utilizas un folio seguís viéndola

2) Utiliza tu idea acerca de cómo vemos para contestar a las siguientes cuestiones, relacionadas con la situación que aparece en el dibujo. Representa tus respuestas mediante un esquema.

a)¿Dónde ubicarías una fuente de luz para que el abuelo lea claramente lo que sus nietos le escribieron? ¿Por qué?

b)Con la fuente de luz donde la ubicaste: ¿alguno de los chicos verían también lo escrito?. ¿Cuál? ¿Por qué?

- c) Con la fuente de luz donde la ubicaste: ¿vería lo escrito el niño más pequeño (n° 3)? ¿Por qué?
 d) ¿Qué vería el abuelo si la hoja fuera de nylon? ¿Por qué?
 e) El niño que tiene auriculares (n° 4) dice no ver la hoja: ¿cuáles crees que pueden ser las razones para que esto suceda?. Da al menos dos razones distintas que te permita justificar el hecho de que este niño no perciba la hoja. **Puedes imitar la situación, como ayuda a la hora de elaborar tus explicaciones.**



ACTIVIDAD DE EVALUACION: ¿Qué y cómo aprendimos?

I.-

a) Relee las respuestas que elaboraste a la siguiente actividades, antes de comenzar a analizar juntos el tema “¿Cómo y porqué vemos cómo vemos?”

1.- Explica lo que sucede para que tú puedas ver esta hoja. **BASÁTE EN TU IDEA ACERCA DE CÓMO VEMOS Y ELABORA UNA EXPLICACIÓN LO MAS COMPLETA Y DETALLADA POSIBLE.**

Complementa tu respuesta con un dibujo.

2.- ¿Por qué se dificulta la visión si:

a) apagas las fuentes de luz presentes en la habitación (logrando, entonces, oscurecerla)? Justifica tu respuesta de la manera **MAS COMPLETA Y DETALLADA** posible.

b) cierras los ojos? Justifica tu respuesta de la manera **MAS COMPLETA Y DETALLADA** posible.

3.- Utilizando tu idea acerca de cómo vemos, intenta responderle a nuestro amigo.



¿Podrías explicarme porqué yo lo veo a él y él no me puede ver a mí?

4.-

1) ¿Crees que un científico, vos y un alumno más pequeño darían la misma respuesta a la actividad anterior para explicar los procesos de visión y percepción del color?. Justifica tu respuesta.

2) Si crees que no darían el mismo tipo de respuesta: ¿en qué crees que se diferenciarían?.

3) ¿Tendrían para vos la misma validez tus ideas las del pequeño y las del científico? ¿Por qué?

a) A partir de todo lo analizado hasta el momento, decide si cambiarías alguna de ella.

b) En caso de decidir modificar o ampliar alguna, da tu nueva respuesta.

c) Comparando tus respuestas iniciales y finales: ¿qué podrías concluir acerca del aprendizaje que has experimentado?

d) Crees importante haber estudiado el tema “¿Cómo y por qué vemos como vemos?”. Justifica tu respuesta.

e) Da tu opinión acerca de la manera en que se desarrollaron estos temas. Destaca aquellos aspectos que te ayudaron más a aprender sobre el tema analizado y aquellos que no te ayudaron tanto. No te olvides de aclarar por qué te parecieron así.

II.- a) En función de la idea compartida hasta el momento, propone **TODAS** las condiciones que deberían darse para que Sofía pueda ver lo que escribe Juan

b) Bajo esas condiciones, explica y representa mediante un esquema, el proceso mediante el cual Sofía VE lo que Juan escribió.



**¿CÓMO Y POR QUÉ
PERCIBIMOS OBJETOS DE DISTINTOS
DOLORES?**

Las Actividades



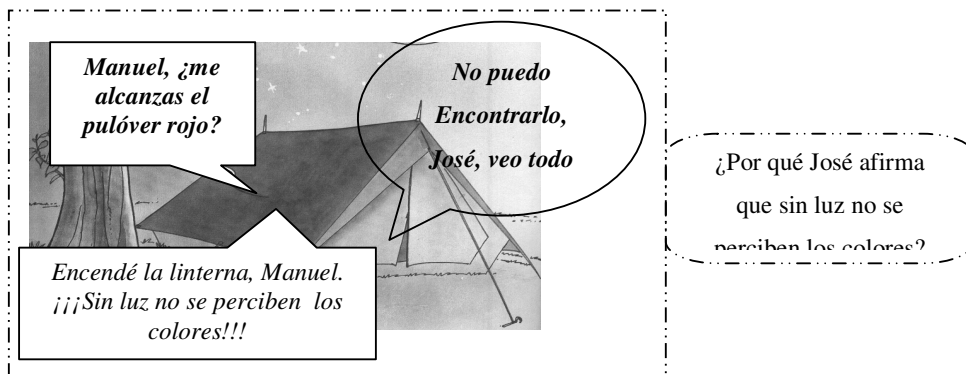
ACTIVIDAD N°7: Los elementos que necesitamos para percibir “los colores”....

- 1) ¿Cómo harías para ver esta hoja de distinto color? Propone al menos dos posibilidades.
- 2) ¿Por qué crees que hay objetos que se ven de distintos colores?

Para contestar estas preguntas, puedes, con tu grupo de trabajo, realizar todas las experiencias que se plantean en los problemas e intentar llegar a un consenso. En caso de no llegar a un acuerdo, enuncien las discrepancias. No se olviden de justificar exhaustivamente cada respuesta y de explicar vuestro proceder al realizar las experiencias.

ACTIVIDAD N° 8: La luz: uno de los elementos implicados en la percepción del color

- 1) Realiza la siguiente actividad experimental: Ingresas en una habitación oscura y observa durante algunos segundos los objetos que hay a tu alrededor. Al pasar el tiempo: ¿logras distinguirlos?... ¿logras percibir los distintos colores?. Anota los resultados de tu observación
- 2) En función de las observaciones realizadas en la actividad anterior, intenta dar una respuesta a la siguiente problemática



- 3) Comparte tus respuestas con tus compañeros e intenten elaborar una explicación respecto a las problemáticas planteadas, que sea representativa del grupo. De no llegar a un consenso, expliquen las discrepancias.

ACTIVIDAD N°9: ¿La luz blanca... es tan blanca?

- a) Realiza con tu grupo, haciendo uso de los materiales que te entrego (fuente de luz blanca y prisma) la siguiente actividad experimental.



Pantalla

- b) Registren a partir de un dibujo sus observaciones
- c) Podrían contestar ahora si “la luz blanca es tan blanca como la percibimos? En caso de no llegar a un consenso en el grupo, expliciten las discrepancias.
- d) ¿Cómo explicarían, después de lo que han observado, que percibamos blanca a la luz emitida por un foco (un fluorescente o el mismo Sol)?. Realicen una búsqueda bibliográfica que les ayude a responder esta pregunta.

Actividad para el hogar: A mezclar luces coloreadas!!!

- a) Qué crees que observarías sobre una pantalla “blanca”, si proyectas sobre ella simultáneamente:
 - a. luz verde y luz azul
 - b. luz roja y luz azul
 - c. luz roja y verde
 - d. luz roja, verde y azul
- b) Realiza la experiencia: ¿se corroboran tus predicciones?. En caso de no ser así, da una nueva respuesta que surja de la experiencia.
- c) A partir de lo observado, realiza con tu grupo la siguiente actividad (recuerda que si no llegan un consenso, deben especificar las discrepancias)
A un iluminador de una sala de teatro le pidieron que, como efectos especiales, debe lograr que en el telón “blanco” del fondo del escenario, se vean “zonas luminosas” blancas, amarillas, magenta y cian, de manera alternada. El iluminador cuenta sólo con fuente de luces rojo, verde y azul. ¿Cómo debería hacer para lograr los efectos deseados?

ACTIVIDAD N°10: Los filtros....

Para realizar esta experiencia, deberán utilizar cartulina “blanca”, linternas y filtros “cian, magenta y amarillo”:

- 1) Iluminen la cartulina blanca, primero con luz blanca y luego interceptando ente la linterna y la cartulina los filtros.
- 2) Describan lo que observan en cada caso.
- 3) ¿Qué le ocurre a l luz cuando atraviesa un filtro?
- 4) ¿Por qué es distinto lo que observan si cambian los filtros?

Justifiquen cada una de sus respuestas. Si no llegan a un consenso describan las discrepancias

ACTIVIDAD N°11: Ha mezclar de pigmentos!!!

- 1) María había decidido cambiar la decoración de la habitación de su hijo, cuyas paredes, iluminadas con un foco común, se veían blancas. Compró entonces diversas pinturas y logró haciendo uso de ellas, que las paredes se vieran una azul y la otra amarilla. ¿Por qué al pintar las paredes éstas se ven de distinto color (si seguían iluminadas con luz blanca)?
- 2) De qué color se hubiesen visto las paredes si las pintaba con las siguientes mezclas de pinturas?
 - a) Mezcla 1: Pintura “cian” y pintura “magenta”
 - b) Mezcla 2: Pintura “cian” y pintura “amarilla”
 - c) Mezcla 3: Pintura “amarilla” y “magenta”
 - d) Mezcla 4: Pintura “amarilla”, pintura “cian” y pintura “magenta”
- 3) Mezcla distintas témperas tal que la experiencia te permita corroborar tus predicciones
- 4) Cómo puedes explicar que se perciban de distintos colores las témperas (y/o pinturas) cuando se mezclan?. Realiza una búsqueda bibliográfica que te permita dar una respuesta y representa la misma a partir de un dibujo.

ACTIVIDAD N°12: Mezclamos pigmentos

- 1) Un pintor compró pinturas cian, amarillo y magenta para pintar frutillas y limones en un cuadro que le habían solicitado desde una frutería para decorar el nuevo local cuya iluminación se realiza con luz blanca. Para pintar las frutillas, mezcló pinturas cian y amarillo; para pintar los limones utilizó pintura amarilla.
 - a) ¿De qué color se verán las frutillas del cuadro? ¿Por qué?
 - b) ¿Qué pinturas debería utilizar para pintar las hojas de las frutillas a fin de que se perciban como verdes? ¿Por qué?
 - c) ¿De qué color se verán los limones del cuadro? ¿Por qué?
 - d) Para obtener pintura blanca y terminar el cuadro decidió mezclar las tres pinturas que compró. ¿Tomó una decisión correcta? ¿Por qué?

AYUDITA: A continuación te presento una representación de la composición de las luces reflejadas y transmitidas de objetos que se ven cian, amarillo y magenta.



- 2) En función de lo que hemos analizado hasta el momento, predice:
 - a) de qué color se verá una manzana deliciosa iluminada con luz azul?
 - b) de qué color se verá un limón a través de un filtro verde?
 - c) Sería posible, utilizando filtros, ver el mismo limón azul?

Justifica tus predicciones y contrástalas luego experimentalmente

ACTIVIDAD N°13: El sistema visual

- 1) ¿Cómo harías para ver esta hoja de distinto color? Propone al menos dos posibilidades
- 2) Crees que todos los seres humanos la veríamos del mismo color? ¿Por qué?
- 3) Comparte tu explicación con la de tus compañeros e intenten elaborar una nueva respuesta que sea representativa del grupo. De no existir consenso, indicar las discrepancias.

ACTIVIDAD N°14:- Tareas para el hogar

4) Sobre una cartulina blanca pega pequeños círculos verdes, rojos, azules y amarillos. Coloca la cartulina sobre una pared y aléjate de ella todo lo que más puedas.

- a) Registra todas tus observaciones
- b) A partir de lo que hemos discutido en clase, respecto al funcionamiento de nuestros ojos, explica los cambios observados cuando te acercas y te alejas de las cartulinas o al desplazarte de una lado a otro.
- c) ¿Por qué si miramos de “rejo” objetos “coloreados” no percibimos color?

Algunas personas no distinguen entre el rojo y el verde, entonces no pueden ver el número 57 en el siguiente dibujo: ¿Cómo se explica esto?. Analiza nuevamente el modelo del ojo humano que haz construido en actividades anteriores y elabora una respuesta



ACTIVIDAD N°15: Percepción del color: integrando las variables

1) Sofia, una adolescente, acudió a un negocio para comprar un suéter. Una vez dentro de la tienda, eligió uno de color rosado. Cuando volvió a su casa, y se lo probó delante de su mamá, observó con gran sorpresa que su prenda se veía ahora blanca: ¿qué pudo haber sucedido?

2) En un espectáculo musical, el iluminador “juega” con las fuentes de luces para producir distintos efectos. Logra así asombrar a los espectadores logrando que:

- a) Vean el telón, que inicialmente se veía verde, azul!!
- b) Vean la ropa de uno de los músicos, que inicialmente se percibía “blanca” rojo!!!! ¿Cómo logró tales efectos?. Justifica tu respuesta
- c) Vean el jean del guitarrista... negro!!!!

3) Una decoradora de tortas, intenta representar en su pastel una cancha de fútbol. Se quedó sin “colorante verde” y planea lograr el efecto deseado, mezclando otros colorantes que posee.

- a) ¿De qué color debieran verse los colorantes para que su mezcla se vea verde?
- b) ¿Cómo explicarías que se perciben diferentes los colorantes antes y después de mezclarlos?

4) Con una linterna se ilumina una pared “blanca” y se observa un círculo brillante blanco formado por la luz de la linterna. A continuación se coloca una placa de vidrio rojo frente a la linterna y el círculo brillante se percibe rojo: ¿podrías explicar por qué el círculo brillante se percibe de distinto color?. Justifica

a) Si la pared fuese de “color”: ¿piensas que el círculo brillante se vería del mismo color que el observado en el problema anterior?. Justifica tu respuesta.

b) Si estás observando un libro “rojo” sobre un mesa, iluminado por un foco incandescente (luz blanca): ¿podrías explicar por qué lo ves rojo?

c) Si colocas un filtro azul delante de tus ojos: ¿de qué color lo verías?. Explica tu respuesta

5) Lidia tiene un problema: al observar las nubes, con los anteojos puestos, las ve amarillas y no blancas como habitualmente las percibe al estar iluminadas por la luz del Sol Sin poder entender la situación, elabora distintas explicaciones.

a) Elige entre todas las opciones posibles, aquella que crees explica de mejor manera porqué la Sra. percibe amarilla las nubes. Si no estás de acuerdo con ninguna de las explicaciones propuestas elabora la tuya

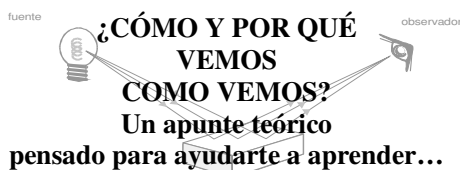
1. Veo las nubes amarillas porque los lentes, que actúan como filtros, les cambia el color a las cosas.
2. Los lentes absorben parte de la luz que proviene de las nubes y deja pasar el amarillo. Esta luz llega a mi sistema visual y veo las nubes amarillas.
3. Cuando la luz reflejada por las nubes llega a mis lentes éstos transmiten luz de “ color amarillo”
4. De todos los colores reflejados por las nubes, mis lentes absorben el amarillo
5. De todos los colores que reflejan las nubes, el que más le llega a los lentes es el amarillo

b) Representa la respuesta elegida en el dibujo

c) Elige una de las respuestas con las que NO estás de acuerdo y explica porqué no lo estás.



A.10.- MATERIAL PARA ALUMNOS: Cuadernillo Teórico



Si bien son varios los sentidos que nos permiten interactuar con el mundo que nos rodea, el sentido de la vista suele ser el que más utilizamos para obtener información de él. A través de la vista percibimos formas y características de los objetos que nos rodean, percibimos diversos colores, imágenes de televisión, etc.

En esta primera parte del módulo nos detendremos a estudiar *cómo y por qué vemos los objetos*.

Al respecto, y desde pequeños, reconocemos que hay algunos elementos que resultan indispensables para que podamos ver. Esto es, SABEMOS que si no hay **luz** en una habitación, no lograremos ver los cuerpos que hay en ella. Así también reconocemos que, si cerramos los **ojos**, o tenemos algún problema en el **sistema visual**, tampoco lograremos ver. Finalmente, y aunque tal vez este hecho parezca obvio o intuitivo, necesitamos tener frente a nuestros ojos al **objeto** iluminado que queremos ver.

Pero ante la pregunta: ¿cómo y por qué vemos como vemos?, quizá la respuesta más inmediata, en función de las ideas que hemos construido a partir de nuestra experiencia cotidiana, sea “vemos porque miramos, porque tenemos ojos, porque hay luz”. Tal vez, esa misma idea lleve a imaginar que “la vista o algún otro ente sale de nuestros ojos”, y llega a los objetos que miramos y consecuentemente, vemos. Haciendo un “poco de historia”, podemos conocer que ésta misma idea, ya superada por los conocimientos científicos actuales fue propuesta para explicar el fenómeno de la visión, por Pitágoras un reconocido filósofo, (580 – 500 a.C.) quien fue uno de los propulsores en lo que respecta a la interpretación del proceso de visión.

Así explicaba que la luz se propagaba en línea recta desde los ojos hasta los cuerpos, donde se producía un “choque” que permitía ver los objetos (Figura I).

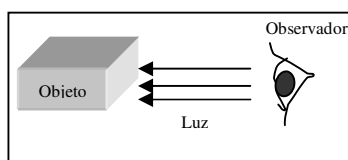


Figura I

Otra manera de explicar el fenómeno, también superada por los modelos explicativos actuales, lo proponía Demócrito (460 – 340 a. C.), quien sostenía que los objetos emiten “imágenes” (réplicas de sus formas y colores) las cuales se proyectan hasta el ojo permitiendo la visión. Esta manera de explicar el fenómeno de la visión se presenta en la Figura II

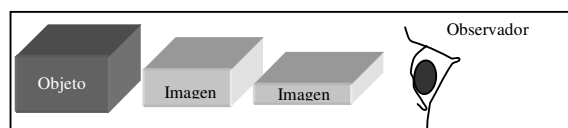


Figura II

Empédocles (493 – 433 a. C.) otro reconocido científico, también se interesó por intentar explicar la visión y consideraba a la luz como constituida por efluvios (destellos) que eran emanados por fuentes incandescentes, por los ojos y por los cuerpos visibles. Explicaba entonces que la visión requería de la reunión de dos emisiones (una desde el objeto hacia el ojo y otra desde el ojo hacia el objeto). Este modelo se presenta en la figura III.

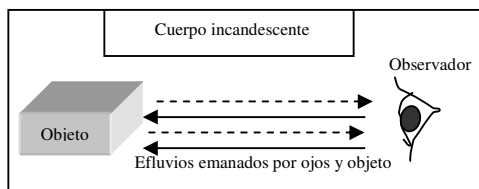


Figura III

Aristóteles (484 – 432 a.C.) por su parte, defendió una teoría también superada por los actuales conocimientos científicos, según la cual la visión se produce mediante una modificación de la luz que produce el medio material interpuesto entre el objeto y el ojo. En la Figura IV se presenta un esquema que representa la explicación que este científico daba al proceso de la visión.

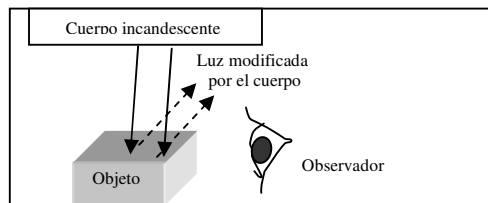


Figura IV

Con el paso del tiempo, el conocimiento científico fue evolucionando, y con ello el estudio de la naturaleza y características de la luz, la materia y el sistema visual. Así, a partir de los aportes de numeroso científicos se fue construyendo un idea (aceptada actualmente) que considera en el proceso de la visión, a los tres elementos mencionados (luz, sistema visual y objetos), como así también a las múltiples y complejas interacciones que se dan entre ellos. Es esta idea, la que comenzaremos a estudiar en este curso.

La luz, el sistema visual y los objetos, resultan ser entonces los tres elementos indispensables para el proceso de visión. Si bien mientras avancemos en nuestro estudio iremos comprendiendo que si deseamos explicar cómo y porqué vemos, no podemos dejar de atender a los TRES elementos de manera relacionada ni a las interacciones que se llevan cabo entre ellos, comenzaremos con el análisis de cada uno de los mismos por separado junto a algunas de las interacciones que se dan entre ellos. Para finalmente, integrar todo lo analizado y elaborar una explicación lo más completa y coherente posible, con lo propuesto actualmente por la ciencia respecto a ¿cómo vemos? y ¿por qué vemos lo que vemos?

Comencemos con el estudio de la naturaleza de la luz y de las interacciones que se producen entre ella y los distintos objetos.

La luz y los objetos. Interacción luz - materia

La luz es energía que proviene de una fuente natural (como el Sol) o artificial (como una lámpara) y se propaga desde ella en todas las direcciones de forma rectilínea, y no necesita para su propagación de un medio material (puede propagarse en el vacío).

Si bien habitualmente se conoce como luz, a aquella energía capaz de estimular y poner en funcionamiento al sistema visual, no es la “luz blanca o visible” el único tipo de radiación que comparte las características mencionadas (los rayos X, microondas, infrarrojo son radiaciones que sólo se diferencian de la visible, porque justamente no estimulan nuestro sistema visual).

La luz interacciona de distintas maneras con los objetos, dependiendo no sólo de sus características sino también de la de los cuerpos que son iluminados (por ejemplo tipos de superficie: pulida o rugosa, espesor del objeto, características de su estructura interna)

En función de la interacción que se produce entre la luz y los distintos materiales, se los puede clasificar en dos categorías generales: opacos y transparentes.

Resulta necesario, entonces, que analicemos qué ocurre cuando llega la luz emitida por una fuente a un determinado objeto.

Tal como se esquematiza en la figura V, una parte de la luz que incide en el cuerpo es **reflejada**, lo que significa que “retorna” al mismo medio de donde incide. Otra fracción de la luz incidente es **absorbida** (la que se traduce luego en un aumento de la temperatura del material, por ejemplo). Finalmente el resto de la luz puede pasar “hacia el otro lado del cuerpo”, esto es, se **transmite**.

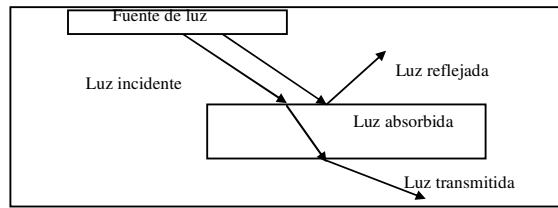


Figura V: Representación de los fenómenos de reflexión, absorción y transmisión

Las sustancias opacas (como por ejemplo la madera) absorben parte de la luz incidente y reflejan el resto (figura VI). Este último fenómeno se conoce como reflexión difusa.

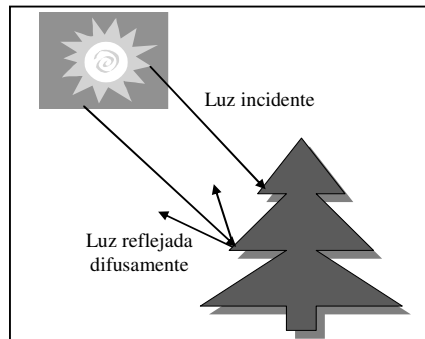
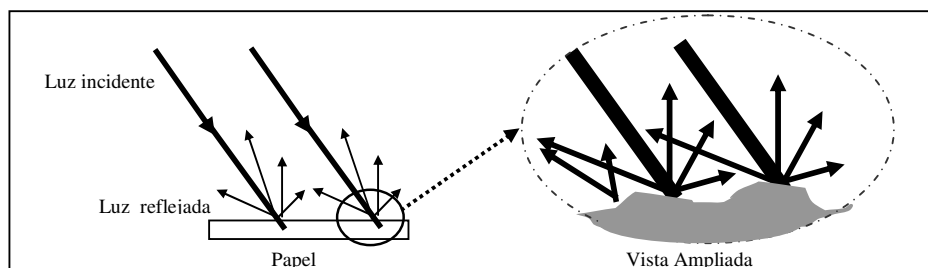


Figura VI: Interacción luz – objeto opaco: absorción y reflexión

Cuando la reflexión difusa se lleva a cabo, todos los rayos de luz reflejados salen desde el objeto en direcciones diversas (Figura VII). La mayoría de los cuerpos que nos rodean son reflectores difusos (madera, ropas, papel, cemento, piel, etc.) y no forman imágenes (a diferencia de lo que ocurre en una superficie espejada, donde la reflexión se denomina especular). Su propiedad de reflectores difusos es un factor indispensable para que podamos ver los objetos. Por ejemplo, cuando miramos cualquier objeto que se encuentre a nuestro alrededor, la radiación que éste refleja en forma difusa puede entrar a nuestro ojo, el cual forma su imagen sobre la retina. Este fenómeno que implica analizar cómo vemos, lo estudiaremos exhaustivamente más adelante.



FiguraVII: Reflexión difusa

Las sustancias transparentes en cambio transmiten la mayor parte de la radiación incidente (figura VIII). Entre ellas podemos citar al vidrio y el nylon por ejemplo.

El porcentaje de luz que se refleja, absorbe o transmite depende, nuevamente de: la naturaleza de los objetos y de la luz incidente y de las características de la superficie donde incide la luz.

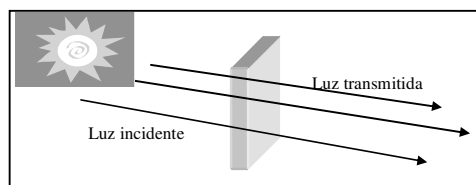


Figura VIII: Interacción luz – objeto transparente: absorción y transmisión

Una vez analizada la naturaleza de la luz y su interacción con los distintos objetos, estudiemos las características de nuestro ojo y las condiciones que deben darse para que el mismo se “ponga en funcionamiento”.

El ojo y el sistema visual. Interacción luz – sistema visual

¿Qué debe suceder para que nuestro sistema visual se “ponga en funcionamiento”?... Quizá en el sentido de la vista, no resulta intuitivo reconocer que nuestro sistema requiere un estímulo externo, al igual que el resto de los sentidos, para ponerse en funcionamiento. Analicemos primero, de manera muy sintética que ocurre con el resto de los sentidos. Para percibir un sonido con nuestro sistema auditivo, el sonido (estímulo externo) debe llegar a nuestro oído (órgano receptor) e interaccionar con él (para ponerlo en “funcionamiento”), lo que conlleva a la percepción del mismo. En lo que respecta al olfato, es el aroma (estímulo externo) el que debe llegar a la nariz (órgano receptor) para que se desencadenen distintos procesos que conllevan a la percepción de un olor. En el caso del sistema visual, el órgano receptor es el *ojo* pero... ¿cuál es el estímulo externo que debe llegar a él para estimular el sistema?. Claro!... es la *luz* (proveniente del objeto o de una fuente, si lo que veo es el objeto iluminado o la fuente de luz. Más adelante estudiaremos exhaustivamente el proceso de ver, por ahora detengámonos a analizar las partes y funcionamiento del ojo humano.

Las partes funcionales del ojo son la córnea, el iris, el cristalino y la retina. Considerado como un instrumento simple, el ojo es básicamente un sistema de lentes (córnea y cristalino) con una “pantalla” (la retina) que contiene elementos sensibles a la luz, llamados fotorreceptores (figura IX).

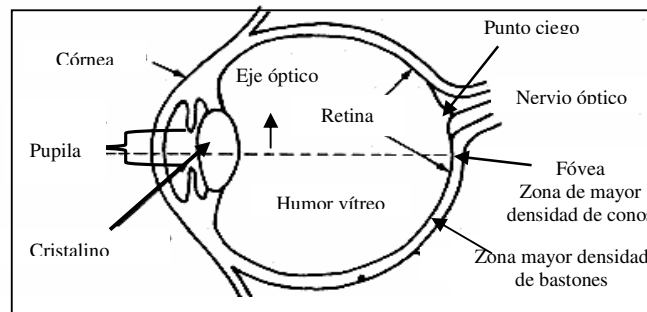


Figura IX

La córnea y el cristalino forman un sistema de lentes responsables de enfocar la luz (proveniente de los objetos que vemos) en la retina. La córnea, esférica y transparente, es responsable (en mayor medida que el cristalino) de enfocar la luz sobre la retina, pero el cristalino tiene la posibilidad de variar su curvatura para lograr un enfoque bien preciso, proceso que se conoce como mecanismo de acomodación, fundamental para que el sistema visual pueda ver objetos que están a distintas distancias.

La pupila es simplemente un orificio que permite que la luz entre en la cavidad interna del ojo.

El iris, la parte que se ve de color, es un músculo que actúa como un diafragma de diámetro variable para controlar el tamaño de la pupila.

Cuando hay una luz en el ambiente de baja intensidad el tamaño de la pupila se hace más grande. Este es uno de los mecanismos que tiene el sistema visual para controlar la entrada de luz

La única porción del ojo humano sensible a la luz es la retina, compuesta de innumerables células receptoras, llamadas por su forma bastoncitos y conos.

En el centro de la retina, directamente en la misma línea que coincide con el centro de la córnea y el del cristalino, se encuentra la región de más agudeza visual (fóvea) que es donde se concentran los conos, más sensibles a la luz brillante, a la percepción de los más finos detalles, y a la luz de color. Es debido a su ubicación que podemos distinguir fácilmente un objeto que se vea coloreado, si lo tenemos delante de los ojos y no al costado.

Los otros elementos fotosensibles (sensibles a la luz) los bastoncitos, son más numerosos en la posición periférica de la retina, alejada de la fóvea. Son receptores de la luz difusa, sin sensibilidad a las luces de color, dado que los mismos no están en el centro de la retina, se pueden ver mejor los objetos iluminados con poca luz si no se mira directamente a ellos sino ligeramente de lado, para que ésta se proyecte sobre la periferia de la retina (donde se encuentran las mencionadas células fotosensibles)

Veamos un ejemplo. *Si queremos ver una pequeña piña que cuelga del pino, en una noche de luna llena, no debemos mirar directamente a la piña sino ligeramente de lado. De esta manera la luz reflejada por la piña ingresa al ojo y se proyecta en la periferia de la retina donde se hallan los bastoncitos*

En cambio, en un día soleado, donde es alta la intensidad luminosa del ambiente, podremos percibir claramente las características y detalles de la piña, y percibirla de color, si la miramos directamente. De esta manera, la luz por ella reflejada se proyecta en la zona donde se concentran los conos

Ahora bien, cuando la luz llega a los conos o bastoncitos, desencadenan la emisión de un impulso nervioso (ya que en el ojo tenemos terminales neuronales) que producen la sensación de color. Este proceso involucra una serie de complejas transformaciones químicas que no analizaremos aquí ya que excede nuestros objetivos, pero sí resulta importante que reconozcamos que el proceso de visión es sumamente complejo y que se desencadenan si la luz incide en el ojo. Es esta la condición necesaria para que el sistema se ponga en funcionamiento. Requiere de un estímulo externo: LA LUZ (así como el oído requiere del sonido o el sentido del olfato del aroma, tal como lo analizábamos anteriormente).

Siguiendo con el análisis de la constitución de la retina, hay un punto en ella sin conos ni bastoncitos, que se llama “punto ciego”. Si la luz se proyecta justo allí, pese a que estaríamos en condiciones de ver (en tanto la luz ingresa al ojo) no veríamos nada. Es en este punto donde se agrupan las terminales neuronales para formar el nervio óptico por medio del cuál llegará información al cerebro que permite que podamos interpretar lo que estamos viendo.

Hemos dicho que para ver, es necesario que luz ingrese al ojo y llegue a la zona de la retina donde se hallan las células fotosensibles. Pero ¿“cuánta” luz es necesaria?. La capacidad del sistema visual para adaptarse permite al hombre detectar los objetos bajo diferentes condiciones de niveles de luz. Pero es importante saber que altas intensidades pueden producir un deterioro en la retina, motivo por el cual no se puede mirar directamente al sol, por ejemplo, sin anteojos protectores. En el otro extremo, se encuentran los niveles bajos de luz que no alcanzan a excitar las células fotosensibles y entonces no se produciría la visión. Uno de los niveles más bajos de luz en el cual el sistema visual puede llegar a adaptarse es el de una noche cubierta de nubes, sin luna y sin ningún tipo de iluminación artificial.

El proceso de adaptación a la oscuridad se experimenta muy claramente cuando se entra a un lugar oscuro, tal como un cine, durante cualquier hora iluminada del día. Es bien sabido que toma algún tiempo adaptarse a los bajos niveles de iluminación, lográndose que la visión mejore notablemente en comparación al momento de entrar al lugar en cuestión. Este proceso se conoce como adaptación a la oscuridad y se puede lograr una sensibilidad alta aproximadamente a los 20 minutos.

Un proceso inverso, de adaptación a la claridad, ocurre cuando salimos de un túnel, desde una zona muy oscura a otra muy iluminada. Este proceso de adaptación a la luz es en general más rápido que el anteriormente analizado.

En el proceso de adaptación a la oscuridad, actúan solamente los bastones, que como dijimos, son las células sensibles a los niveles bajos de intensidad, en tanto en el proceso de adaptación a la claridad, son los conos los sensores que responden

Entender los procesos de adaptación ayudan, por ejemplo, a entender porqué vemos las estrellas de noche y no de día. Una estrella es una fuente emisora de luz luminosa. Durante la noche la radiación luminosa que emiten las estrellas no compite con la del sol y, estando el sistema visual adaptado a la oscuridad, el sistema de sensores que trabaja en condiciones de iluminación bajas (los bastones) tiene alta sensibilidad para poder dar cuenta de la luz que llega desde las estrellas. En cambio, durante el día el sistema de sensores que trabaja (los conos), de menor sensibilidad, no posee la capacidad para diferenciar la luz que proviene de las estrellas respecto de la que proviene del sol.

Podemos ver, entonces, que si bien ante los cambios de intensidad luminosa, las pupilas juegan un rol importante, dilatándose o contrayéndose para permitir mayor o menor “paso de luz hacia la retina”, el proceso de acomodación es mucho más complejo.

Ahora bien... ¿es la luz proveniente directamente de la fuente la que nos permite ver los objetos que nos rodean? Si bien ya hemos comenzado a dar “pistas al respecto”, nos ocuparemos de ahora en más a elaborar una respuesta a esta pregunta, estudiando el proceso mediante el cual vemos.

El proceso de ver

Como dijimos, los elementos que intervienen en el proceso de visión son: la **luz**, el **objeto o mundo exterior** (sobre el que incide y se refleja la luz la cual luego interaccionará con el sistema visual) y el hombre o mujer, con su **sistema visual** (cuyo primer elemento receptor es el ojo, poseedor de los elementos sensibles a la luz). En la figura X se muestra un esquema representativo del proceso de ver.

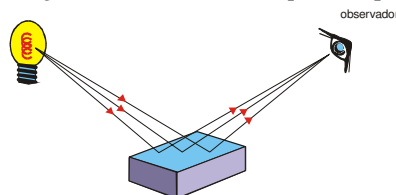


Figura X: Esquema representativo del proceso de ver

Es por ello que, si oscurecemos el salón o cerramos los ojos, no podremos ver los objetos que nos rodean, ya que en el primer caso, no habría luz que incida en el objeto para que éste lo refleje, y pueda llegar (dicha luz reflejada) a nuestros ojos y “poner en funcionamiento” el sistema visual, y con ello, de excitar los sensores en la retina. En el segundo caso, esto es, si cerramos los ojos, directamente no habrá respuesta visual, ya que los párpados no permiten el ingreso de la luz en los ojos (debido a que no son transparentes) y consecuentemente, no vemos nada.

Finalmente, la “función” del objeto en el proceso de ver, como ya lo hemos discutido, es interactuar con la luz, absorbiendo, reflejando y/o transmitiéndola (según las propiedades y características internas del mismo). Es la interacción entre la luz (proveniente de los cuerpos) y el sistema visual lo que permite verlos.

Basados en la manera en que los distintos objetos interactúan con la luz, los hemos clasificado en opacos y transparente y resulta interesante analizar cómo vemos estos distintos objetos. Con el ejemplo de la figura X, ya hemos analizado cómo vemos cuerpos opacos, por lo que restaría estudiar el caso de los cuerpos transparente.

Estos objetos principalmente transmiten la luz que llega a ellos y reflejan una proporción muy baja, motivo por el cual suele resultar difícil verlos. Es conocido el caso de accidentes con vidrios muy limpios en una abertura (puerta o ventana), donde la persona no ve que hay un obstáculo (el mismo vidrio) y se lo lleva por delante. Esta situación no es tan común como podría serlo pues en realidad en la mayoría de los casos el vidrio no está muy limpio y las partículas en el mismo producen la reflexión necesaria para dar cuenta de la existencia del mismo, o porque el marco del vidrio (el marco de una puerta o persiana) sugiere su existencia. En la figura XI se esquematiza el proceso de ver cuando el objeto es una puerta.

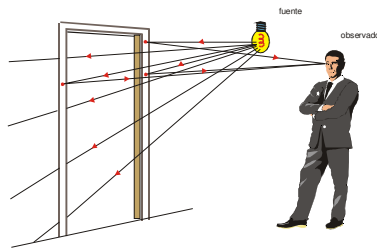


Figura XII: Si los vidrios están lo suficientemente limpios, no los vemos. Sabemos de su existencia al ver los marcos de la puerta

Es esta capacidad de transmitir la luz la que permite que podamos “ver” a través de los cuerpos transparentes y no de los opacos.

Si el cuerpo que interponemos entre el objeto que deseamos ver y nuestros ojos es opaco, no podemos ver dicho objeto, ya que el cuerpo opaco absorbe y refleja la luz proveniente del mismo pero no la transmite. Entonces no llega luz proveniente del objeto que deseamos ver, a nuestro sistema visual, motivo por el cual no lo veremos. En la Figura XII se presenta un esquema representativo del mencionado fenómeno

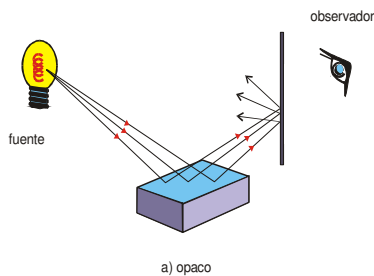


Figura XIII: La caja no se ve detrás del cartón. Esto porque la luz reflejada por la caja no llega a incidir en el ojo del observador porque el cartón (cuerpo opaco) no la transmite (la absorbe y la refleja)

En cambio, si interponemos entre el objeto que deseamos ver y nuestros ojos, un cuerpo transparente como un trozo de vidrio, éste sí transmite la luz reflejada por el objeto que deseamos ver. Dicha luz puede llegar a nuestro sistema visual y desencadenar los distintos procesos que conducen a la visión. En esta situación entonces, veremos el cuerpo (Figura XIV)

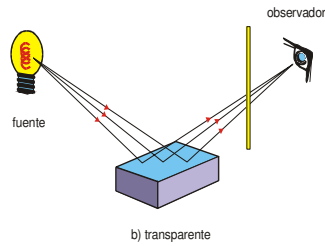


Figura XIV: Se puede ver a través de un cuerpo transparente. El observador ve la caja a través del vidrio. Esto dado que el vidrio es un cuerpo transparente que transmite la luz reflejada por la caja. Es por ello que esta radiación puede incidir en el ojo del observador y producirse al visión.

Otra situación interesante para analizar es la visión de una fuente luminosa (por ejemplo la pantalla de la PC o del TV). En este caso, el objeto a ver y la fuente de luz son una misma cosa, y la luz proveniente directamente de fuente es la que llega a la zona sensible del sistema visual (esto es a los fotorreceptores de la retina del ojo), y entonces vemos la fuente de luz. En la figura XV se muestra un esquema representativo de esta situación.

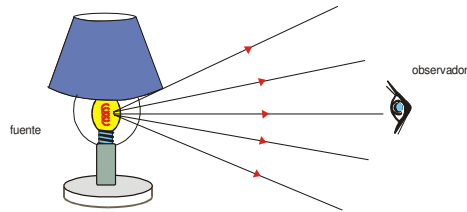


Figura XV: Cómo y cuándo vemos una fuente de luz

Pero... ¿puede verse el haz de luz emitido por una fuente (una linterna, por ejemplo) ? Si pensamos en una situación como la que se muestra en la figura XVI, los haces de luz emitidos por una fuente no pueden verse porque no está llegando luz al ojo del observador. Es por ello que cuando encendemos una lámpara en nuestra casa no vemos los rayos de luz emitidos, sólo percibimos los objetos iluminados que están reflejando la luz incidente en cada punto de su superficie y en todas las direcciones. La situación cambia cuando el ambiente no está limpio. Las pequeñas partículas de polvo, humo, tiza, etc. reflejan y dispersan la luz en todas las direcciones. Llega entonces información al ojo del observador sobre cada punto de la trayectoria del haz porque cada partícula refleja parte de la luz que incide en ella. El haz entonces, parece ser “visible” a nuestros ojos (Figura XVII), aunque en realidad no es el haz de luz lo que se ve.

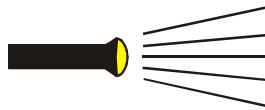


Figura XVII: No se ven los haces de luz

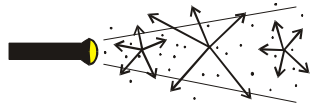


Figura XVIII: Debido a la existencia de partículas de polvo se percibe la trayectoria del haz de luz.

La radiación luminosa, entonces, no se percibe a menos que llegue directamente a nuestros ojos o llegue luego de haber sido reflejada por un objeto. Es en este caso cuando logramos ver una fuente o un cuerpo, respectivamente.

Resumiendo:

Para ver un objeto la luz debe iluminarlo (incidir en él) y éste reflejar al menos parte de dicha radiación incidente. Esa luz visible debe llegar al ojo del observador y desencadenar los diversos procesos en su sistema visual, que conducen a la visión (excitar los fotosensores, entre otros procesos)

Si la luz proveniente de una fuente, es la que llega al sistema visual entonces no veremos un

Dentro de sus constituyentes principales (y más generales) se destacan: el cuerpo, el obturador, el diafragma y el objetivo.

- Dentro del cuerpo se encuentra una pequeña cavidad hermética a la luz donde se aloja la película (de manera tal que ésta quede expuesta sólo a la luz proveniente de los cuerpos que fotografiamos, en el momento en que sacamos la foto). Esto dado que esta película está compuesta por sustancias fotosensibles (al igual que nuestra retina tiene células fotosensibles) que reaccionan químicamente al incidir la luz en ellas (tal como los conos y bastones se estimulan ante la incidencia de luz sobre ellos).
- El objetivo, es un conjunto de lentes que permite enfocar la luz proveniente de los objetos (que se desean fotografiar) sobre la película. Función que en nuestro ojo la cumplen la córnea y el cristalino.
- El diafragma, una abertura circular situada detrás del objetivo, es el “encargado de controlar” la entrada de luz. En nuestro ojo, de ello se encargan la pupila y el iris.
- El obturador es un dispositivo mecánico, dotado con un muelle, que sólo deja pasar la luz a la cámara durante el intervalo de exposición (sería similar a nuestros párpados).

En las figuras XVIII y XIX se muestran comparativamente, los principales elementos que constituyen una cámara fotográfica y a nuestro ojo.

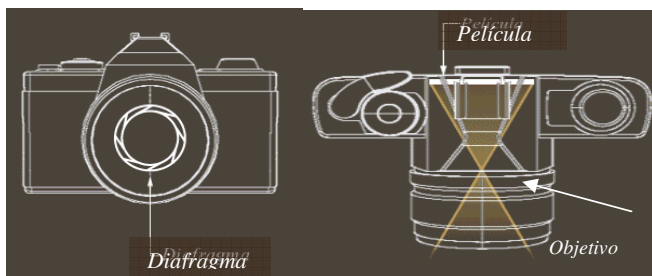


Fig XVIII : Principales elementos constituyentes de una cámara fotográfica

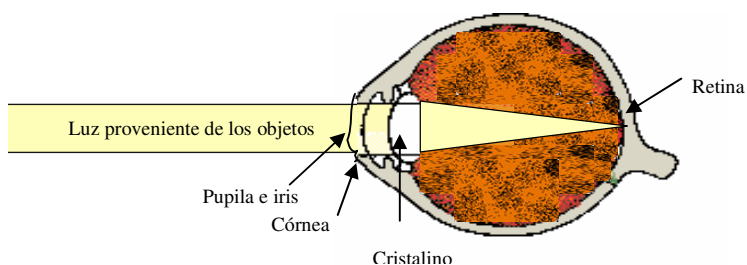
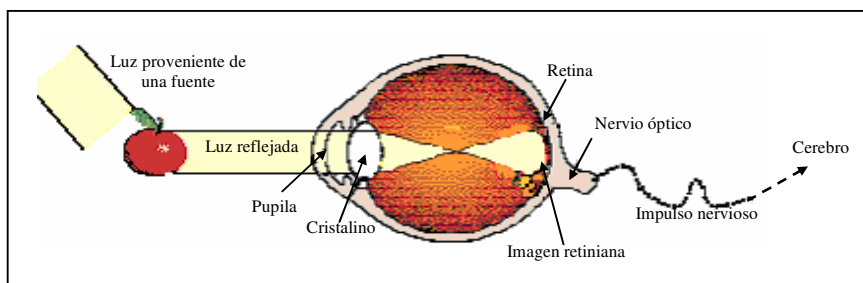


Fig XIX : Principales elementos constituyentes del ojo humano

Tal como nuestro sistema visual, la máquina fotográfica “funciona” gracias a la luz que incide en ella. Esto dado que, (y tal como se dijo) las imágenes se obtienen sobre la película fotográfica, a partir de las reacciones químicas que se producen cuando las sustancias fotosensibles presentes en la película interaccionan con la luz. Así, en aquellas zonas de la película que incidió luz proveniente de los objetos, se forma una nueva sustancia (debido a las transformaciones químicas mencionadas) que hace que esas zonas se perciban más oscuras que aquellas donde no incidió la luz (limitándose entonces la imagen del cuerpo fotografiado).

El proceso posterior de revelado (y nuevas y complejas reacciones químicas) revierten esta situación de manera tal que la fotografía que “llega a nuestras manos” es una “réplica” del paisaje (por ejemplo) que hemos fotografiado (las zonas oscuras aparecen ahora claras, y viceversa).

En el caso del ojo, quienes reaccionan ante la luz son las células fotosensibles, las cuales (a partir de múltiples y complejas reacciones químicas) transforman la energía lumínica en impulsos nerviosos que se transmiten al cerebro y es allí donde culmina el proceso de visión (con la interpretación de lo que vemos) (Figura XX)



FiguraXX: *Formación de imágenes sistema visual*

En conclusión: además de las similitudes entre los elementos constituyentes del ojo y una máquina fotográfica, el proceso de visión y el de fotografiado tienen muchas cosas en común, pero se diferencian notablemente en lo que respecta al proceso de “traducción “ de la imagen que se forma en las zonas sensibles de cada dispositivo óptico.

Así, en ambos casos, la luz proveniente de los objetos debe llegar a una zona sensible: película o retina. Pero para llegar a ellas, la luz antes pasa por una lente que desvía su trayectoria (refracta la luz) de manera tal que ésta converja en dicha zona sensible, lo que provoca que (en ambos procesos) la imagen que se forma es una imagen *invertida* del objeto, la como se muestra en la figura XX. Luego el cerebro o el revelado “se encarga” de “culminar” el proceso (visión o fotografiado), presentando ambos dispositivos mecanismos muy propios y característicos para ello.

“¿POR QUÉ Y CÓMO SE EXPLICA QUE PERCIBAMOS LOS OBJETOS DEL MUNDO DE DETERMINADOS COLOR?”

Vivimos rodeados de objetos a los que percibimos de diversos colores. Muchas veces nos identificamos con un “color”, nuestro “color favorito” y decidimos, en función de ello, como decorar nuestra habitación o con qué ropa vestimos, por ejemplo. También podemos preguntarnos: ¿cuál es el “mejor color” para pintar un escritorio? ... ¿cuál es el mejor “color de luz” para iluminar la tarea que desarrollaremos en el mismo?... ¿de qué “color” pintamos las paredes de la sala y con qué fuente conviene iluminarla si queremos lograr determinado “efecto visual” (como mayor luminosidad para estudiar o un ambiente de luz tenue para descansar)?

Desde pequeños mezclamos témperas para obtener la combinación “perfecta” que nos permitiera “colorear” nuestro dibujo... y quién no ha jugado con “luces coloreadas”, interponiendo a la linterna papel celofán?... también seguramente, la mayoría ha logrado “ver el mundo de distinto color” al interponer el papel celofán ante los ojos... todos hemos jugado al “veo veo” y más de una vez, seguramente, no nos hemos puesto de acuerdo en que tan “amarillo” era el objeto elegido por el otro jugador. Ni qué decir cuándo se tratan de tonalidades verde azuladas o magentas.

No obstante, nuestra experiencia cotidiana, suele hacernos pensar que el color es una propiedad del objeto. De hecho, una manzana aparentemente es roja por naturaleza.

Si nuevamente nos remontamos a la historia, fueron múltiples las teorías que, de una u otra manera, atribuían sólo al objeto y sus características, la propiedad del color.

Platón, por ejemplo, proponía que el color de los objetos dependía del tamaño de sus “poros” de donde emanaban la luz. Demócrito, atribuía el color a la forma y velocidad de las partículas que salían de los objetos. Aristóteles, en cambio, sostenía que el color es una propiedad de la luz que suponía blanca y afirmaba que los objetos “contaminan” o “ennegrecen” a la luz y el color dependía de la cantidad y calidad del ennegrecimiento.

Como en el caso de la visión, no fueron éstos los únicos científicos que intentaron dar una explicación al fenómeno del color (podemos sumar a la lista otros como el mismísimo Newton, Young, Dalton, Maxwell y Schrödinger) y el conocimiento científico fue desarrollándose a lo largo del tiempo y con el aporte de todos ellos.

No obstante, y a diferencia de los ejemplos descritos anteriormente, hoy se considera al color, como un fenómeno producto de la interacción que se da entre la luz, los objetos y el sistema visual del observador. Basándonos en lo aprendido hasta el momento acerca de cómo vemos los objetos y profundizando nuestro estudio respecto de su naturaleza, como también respecto de la naturaleza de la luz, del sistema visual (y

de las interacciones que entre ellos se producen) podremos entender cómo y porqué percibimos objetos de distintos colores, a partir de las ideas hoy aceptadas en la comunidad científica.

LA LUZ: sus características espectrales y su importancia para el proceso de percepción del color

La luz blanca... es tan blanca?... Muchas veces se tiene la concepción de que la luz blanca, como la emitida por un foco, un fluorescente o el Sol, está constituida de un solo color, el *blanco*.

Un sencillo experimento nos muestra que esto no es tan así... Si en un ambiente oscurecido encendemos una linterna, obtendremos un zona circular de luz blanca sobre una pantalla (la pared, por ejemplo). Si colocamos un prisma de vidrio en el camino del haz de luz observaremos que la luz blanca se descompone en un conjunto de luces coloreadas: violeta, azul, verde, amarilla, naranja y roja (Figura I).



Figura I

Éste fenómeno es análogo al que se lleva a cabo cuando, después de una lluvia y ante la presencia de la luz solar, en el cielo se forma el arco iris.

Estas experiencias nos permiten concluir que la luz blanca está compuesta por luces de distintos colores, a las que “sumadas” las percibimos blanca o blanca amarillenta. A esta composición de luces se conoce como *espectro* de la luz blanca (Figura II).

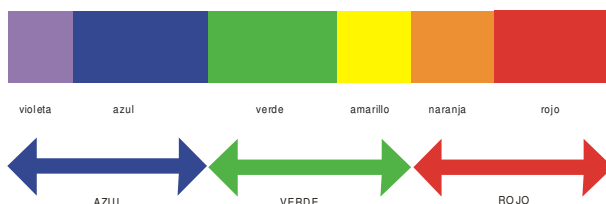


Figura II: Espectro de la luz blanca

Toda radiación está formada, en general, por luces de distintos colores que constituyen su espectro. El amarillo, por ejemplo, está constituido por luces verde, amarilla y roja. Su espectro se presenta en la figura III.



Figura III: Espectro de la luz amarilla

Pero... ¿cómo es posible, entonces, que no percibamos los distintos colores que conforman la luz amarilla o a la blanca y percibimos a la mezcla que las constituyen de un solo color?. Antes de proseguir nuestro estudio acerca de la naturaleza de la luz (y de su interacción con los objetos), deberemos ocuparnos de ampliar nuestros conocimientos sobre la constitución y funcionamiento del ojo humano, para poder contestar esta pregunta y luego comenzar a interpretar cómo y porqué vemos objetos de distintos colores.

La visión cromática

La visión del color, es en sí mismo un fenómeno de percepción **visual**. Es el sentido de la vista el que involucramos cada vez que percibimos un cuerpo coloreado.

Ya hemos discutido que para “ver” un objeto, luz proveniente de él debe ingresar en nuestros ojos y activar el sistema visual. También discutimos que en nuestros ojos poseemos células sensibles a las luces de color, (ubicadas en la retina) que se denominan conos.

Éstas células, a diferencia de los bastoncitos, son sensibles a la luz brillante, de manera que no dan lugar a la visión si la luz es escasa.

Si bien actualmente el fenómeno relativo a cómo se produce la visión de los colores sigue siendo estudiado en el seno de la comunidad científica, sí se sabe que hay tres tipos diferentes de conos, los

cuales responden a la luz verde, a la azul y a la roja. Los demás colores, se perciben por estímulos simultáneos de dos o más tipos de conos. La luz amarilla, por ejemplo, estimula los conos para el verde y el rojo, con intensidad aproximadamente igual, lo que es interpretado por el cerebro como “amarillo”. Así, entonces, el sistema visual no es capaz de discriminar entre cada una de las luces que conforman a la luz amarilla o a la blanca (cuyos espectros se presentaron anteriormente) y por lo tanto se las percibe de un color: amarilla o blanca (según los ejemplos que estamos analizando). Es decir, el ojo no tiene la misma capacidad de discriminación que el oído, por ejemplo, en tanto somos capaces de discriminar entre el sonido correspondiente a un Re de uno correspondiente a un Mi en una melodía pero no podemos discriminar los colores cian, verde, amarillo y rojo que conforman la luz amarilla y la percibimos, simplemente, AMARILLA.

La percepción del color, entonces, implica la traducción por parte del cerebro de la información que aportan los conos cuando reaccionan ante la luz que llegó a ellos (según las características de la misma, distintas serán las reacciones de las células fotosensibles y distinta la percepción que se produce. Por lo tanto... distinto es el color que vemos). La falta de uno o más de los tres tipos de conos, implica la ceguera para los colores, anomalía normalmente llamada: daltonismo.

Mezcla de luces coloreadas

Un fenómeno interesante es el efecto visual que se produce si se combinan “luces coloreadas”. La mezcla de luces se denomina aditiva, ya que el espectro de la luz resultante es la suma de los espectros de las luces componentes. Cuando se proyecta sobre una pantalla luces de distintos colores, se van añadiendo componentes espectrales y podemos percibir una gran diversidad de coloraciones. Estas se logran a partir de la adición de tres luces coloreadas (llamadas habitualmente “colores primarios para la luz”): rojo, azul y verde. Así, cuando se hacen incidir en una pantalla blanca¹⁰ luz roja y verde, estas se reflejan y llegan conjuntamente a nuestros ojos. Como se discutió al analizar el funcionamiento del ojo, estas luces activan los conos para el rojo y para el verde, y estos emiten una señal al cerebro el cual interpreta dicha señal como visión de luz amarilla.

Las imágenes de Televisión se producen a partir de la combinación de luces rojas, verde y azul (justamente los colores de las pelotas que Telefe utiliza en su logotipo), tal como se representa en la figura IV.

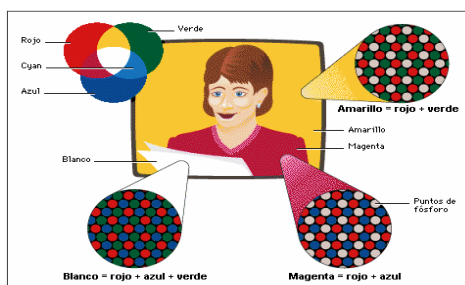


Figura IV: Mezcla de luces

Las imágenes de T.V, se perciben de diversos colores porque, como se muestra en la figura V, la combinación adecuada (no sólo en cuanto a “colores” involucrado en la mezcla sino también a intensidades) de estas tres luces permite “obtener” otras de diversos colores.

Como se puede ver en la figura, las relaciones que representan el solapamiento de dos luces de colores son:



Figura V: Mezcla aditiva de luces

¹⁰ La pantalla que se ve blanca, refleja todas las luces que componen la luz blanca. Este fenómeno se estudia exhaustivamente más adelante.

Es muy importante la forma en que entendemos estas relaciones: no se trata de que la suma de una luz verde con una azul es igual al color cian. La idea es que al sumar esas dos luces obtenemos un resultado que se percibe, o que se ve, como un color entre azul y verde que llamamos cian.

Desde este punto de vista las igualdades escritas arriba deben leerse de la siguiente manera:

- **una luz color verde más una luz color azul parece igual a una luz color cian**
- **una luz color rojo más una luz color azul parece igual a una luz color magenta**
- **una luz color rojo más una luz color verde parece igual a una luz color amarillo**

Ahora podemos escribir la siguiente relación: **rojo + verde + azul = blanco** La misma debe leerse: la suma de una luz roja con otra verde y otra azul parece blanca (si hay una relación de intensidades iguales). Modificando apropiadamente las intensidades de los tres colores veremos que se puede obtener casi cualquier color.

Quizá resulte sorpresivo que a partir de la mezcla de luces roja y verde se obtenga luz amarilla y no un color rojo verdoso que intuitivamente podría esperarse. Esto porque la mayoría de nosotros y a partir de nuestra experiencia diaria, tenemos mayor contacto con la mezcla de pinturas y témperas que con luces (veremos en el próximo punto, cómo estos procesos son diferentes).

Es un hecho que no se produce el mismo efecto visual si mezclamos pigmentos que si mezclamos luces. Para poder entender qué ocurre con la percepción del color cuando mezclamos pinturas, debemos profundizar nuestro estudio acerca de la interacción que se produce cuando la luz blanca incide en distintos objetos.

Interacción luz blanca - objetos

Como hemos discutido anteriormente, al interaccionar la luz con los objetos se producen tres fenómenos: transmisión, absorción y reflexión. Así por ejemplo, si luz incide en un cuerpo transparente que vemos coloreados, principalmente transmitirá parte de la luz que llego a él.

Pero... ¿todos transmitirán luz con las mismas características?. Si así fuera, lo más probable es que veríamos a todos los objetos, iguales. Sin embargo sabemos que se perciben diferente un papel celofán “magenta” y uno “amarillo” por ejemplo.

Para entender la percepción de los objetos coloreados analicemos, primero, el comportamiento de los filtros.

Debido a la constitución interna y con ello a los pigmentos que poseen estos papeles (llamados generalmente “filtros”) los mismos absorben una determinada porción de la luz blanca incidente y transmiten otra. Esta luz absorbida y transmitida tiene distintas características en cada tipo de papel.

El papel celofán que se ve amarillo, por ejemplo, transmite una mezcla de luces roja, verde y amarilla y absorbe el resto de los colores que constituyen la luz blanca, esto es, la gama del azul (ver figura VI). Cuando la mezcla de luces incide en el sistema visual, lo vemos amarillo. El filtro que vemos magenta, por ejemplo, transmite el rojo y el azul y absorbe el amarillo.

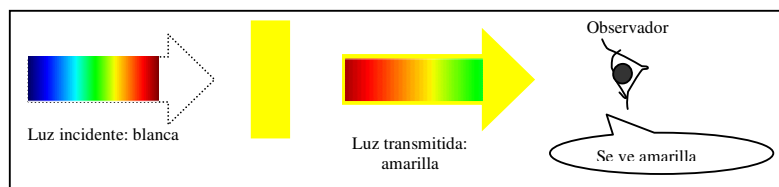


Figura VI: Transmisión selectiva producida por un filtro “amarillo”

A los fenómenos implicados en la interacción entre la luz y los objetos transparentes coloreados (llamados habitualmente **filtros**), se los denomina transmisión y absorción **selectiva**.

Si vamos interponiendo a la luz transmitida por un filtro otro cuerpo transparente coloreado, se irán produciendo sucesivas absorciones selectivas, de manera tal que las luces transmitidas estarán compuestas por menos luces coloreadas. Se dice entonces que la mezcla es sustractiva. En la figura VII se representa este fenómeno.

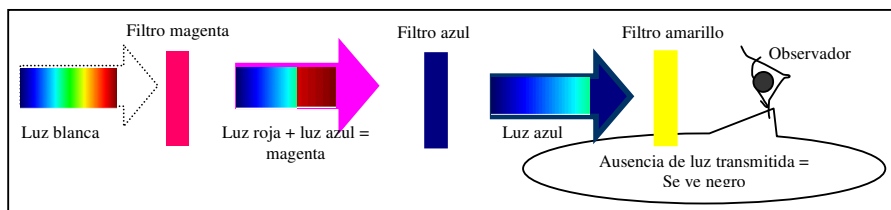


Figura VII: Transmisión selectiva de la luz

Haciendo uso de lo dicho anteriormente, analicemos ahora cómo vemos cuerpos opacos coloreados. Tal como lo habíamos dicho, los fenómenos que se producen principalmente en los objetos opacos, son los de absorción y reflexión. En función de las características del objeto que iluminemos con luz blanca, éste absorberá y reflejará luz de determinadas características que al incidir en nuestros ojos producirá distinta sensación y por ende veremos a los objetos de determinado y diferente color.

Así por ejemplo los objetos que iluminados con luz blanca vemos blancos, reflejan uniformemente todos los colores que componen la radiación incidente (Figura VIII), mientras que los que vemos verdes, reflejan una mezcla de luces amarilla, azul y verde (Figura XIX).

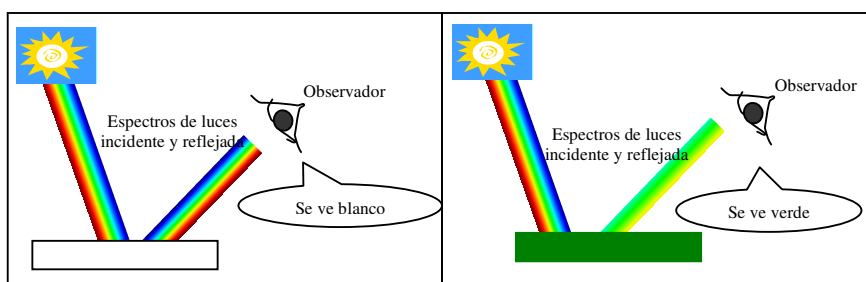


Figura VIII: Reflexión selectiva de un objeto que se ve blanco iluminado con luz blanca

Figura XIX: Reflexión selectiva de un objeto que se ve verde con luz blanca

Entender ésta reflexión selectiva junto a lo ya analizado respecto de la transmisión selectiva que producen los filtros, nos permitirá interpretar lo que ocurre cuando mezclamos pigmentos.

Sabemos que si combinamos témperas cian y amarilla, se obtiene una mezcla verde. Intentemos justificar esto en función de los procesos de absorción y reflexión selectiva.

El pigmento que iluminado con luz blanca se ve cian, refleja luces azul y verde y absorbe la roja y amarilla (Figura X). En tanto la pintura que se ve amarilla iluminada con la misma radiación, absorbe la gama del azul y refleja el rojo, amarillo y el verde (Figura XI).

Si mezclamos estos pigmentos, sucederá que el azul reflejado por la pintura cian es absorbido por la pintura amarilla. Así también el rojo reflejado por la pintura “amarilla”, será absorbido por la cian. En definitiva, la mezcla sólo reflejará luz verde (que es la luz que ambos pigmentos reflejan “naturalmente”, al ser iluminado con todas las radiaciones, es decir, con luz blanca). Cuando esta luz incide en el sistema visual se percibirá a la mezcla de pinturas: verde.

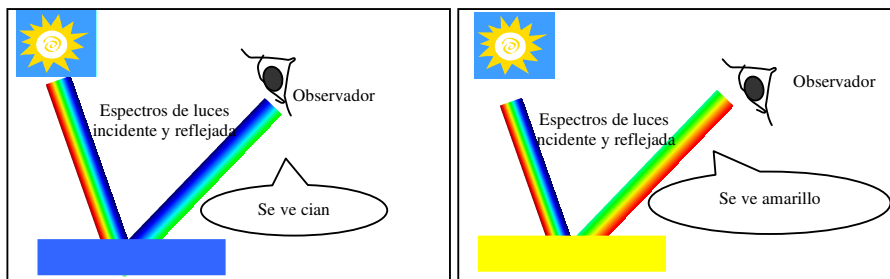


Figura X: Reflexión selectiva de un objeto que se ve cian iluminado con luz blanca

Figura XI: Reflexión selectiva de un objeto que se ve amarillo iluminado con luz blanca

En función de lo dicho, podemos explicar porqué la mezcla del cian, amarillo y rojo (“colores primarios” para los pigmentos) se verá negra (Figura XII). En este caso las luces reflejadas por cada pigmento, será

absorbida por algunos de los demás. En definitiva, la mezcla no reflejará luz, motivo por el cual, se percibirá negra.

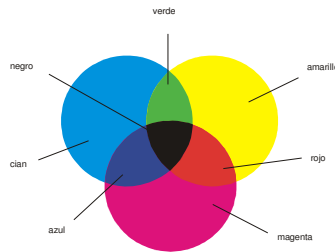


Figura XII: Mezcla de pigmentos

En conclusión, podemos decir que cuando se mezclan luces de colores se habla de suma aditiva pues los “colores se suman”, mientras que en la mezcla de pinturas o témperas, se habla de mezcla sustractiva pues cada pintura sustrae parte de la radiación, es decir algún color o varios, reflejando la radiación que no es absorbida, de la misma forma que lo hace un filtro (siendo en este caso la transmisión el fenómeno más significativo)

¿Por qué, al cambiar la fuente de luz, vemos un mismo cuerpo de distinto color?

Como decíamos al principio, muchas veces se tiene la idea de que el color del cual vemos un objeto es una propiedad del mismo, independientemente de la luz que lo ilumina e independientemente del sistema visual.

Analicemos un ejemplo. *Un árbol se percibe verde pues al incidir luz blanca sobre él, refleja fundamentalmente la luz verde (absorbiendo el resto de la radiación que constituye a la luz blanca) y ésta incide en ojo, logrando la estimulación de los conos correspondientes, produciéndose la percepción de un color (el verde en este caso). Sin embargo si cambiamos la fuente de luz e iluminamos el árbol con luz roja, ya no lo percibiremos verde sino negro. Veamos por qué.*

El árbol, al ser iluminado con luz blanca y debido a las características de los pigmentos que lo componen, absorbe la luz roja (entre otras) y refleja verde y amarillo. Esa mezcla de luces, cuando incide en el sistema visual del observador, desencadena múltiples procesos que conllevan a que vea el árbol verde (Figura XIII)

Si iluminamos el mismo árbol sólo con luz roja (radiación en la que no está presente la luz verde, que este es capaz de reflejar) la absorberá (Figura XIV) y entonces el observador percibirá al árbol negro (ya que no llega a su sistema visual ninguna radiación proveniente del mismo).

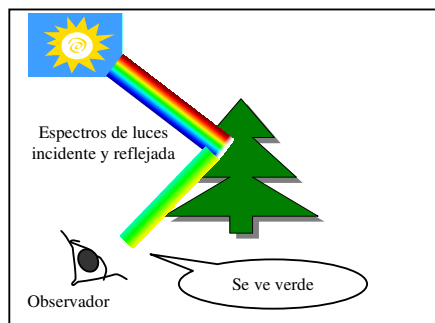


Figura XIII: Un árbol, iluminado con luz blanca se ve verde

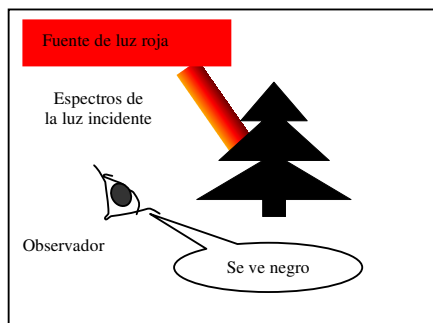


Figura XIV: El mismo árbol, iluminado con luz roja se ve negro

Un ejemplo cotidiano, análogo al presentado anteriormente, es la experiencia de ver cuerpos en lugares iluminados con lámparas de sodio, como en algunas calles o avenidas, donde se ha modificado el sistema de iluminación. Este tipo de lámparas emite fundamentalmente luz amarilla, por lo tanto veremos de dicho color, por ejemplo, un objeto que iluminado con la luz blanca se ve verde. Esto dado que el objeto, de nuestro ejemplo, naturalmente refleja la luz amarilla (entre otras radiaciones) y absorbe el rojo. Si sólo incide en él luz amarilla, la reflejará y será únicamente ésta radiación la que llegue al sistema visual del observador, motivo por el cual verá al objeto en cuestión, amarillo.

¿Por qué al pintar el objeto lo vemos de distinto color?

Cuando pintamos un objeto, lo que en definitiva hacemos, es cubrirlo con una sustancia que absorbe y refleja distinta luz que la que absorbe y refleja el objeto sin estar pintado

Por ejemplo, si pintamos con témpera “verde” esta hoja (que al ser iluminada con luz blanca refleja todos los colores que la constituyen) se verá verde. Esto dado que la pintura (que es quien ahora interacciona directamente con la luz incidente) refleja una mezcla de luces que estimula nuestro sistema visual haciendo que la percibamos verde (Figuras XV y XVI).

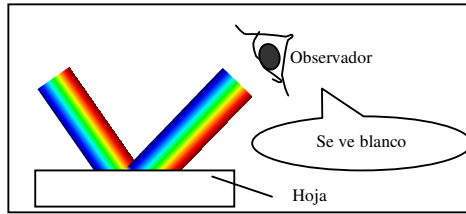


Figura XV: Una hoja se ve blanca cuando se ilumina con luz blanca

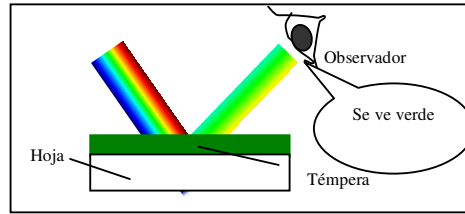


Figura XVI: La misma hoja, luego de ser pintada con témpera, se ve verde.

¿Por qué vemos un mismo objeto de distinto color si lo observamos a través de un filtro?

También podemos ver de diferente color un mismo objeto si lo observamos detrás de un filtro (o haciendo uso de anteojos de vidrios coloreados).

En este caso, el filtro absorbe y transmite sólo parte de la luz que reflejó el cuerpo que estamos viendo, y es esa luz transmitida la que estimula el sistema visual.

Veamos un ejemplo. Supongamos que observamos ahora esta hoja, haciendo uso de un filtro rojo. Este cuerpo, absorberá toda la radiación reflejada por la hoja y transmitirá el rojo. Como es esta la luz que llega a nuestro sistema visual, veremos la hoja (que habitualmente vemos blanca) roja (Figura XVII).

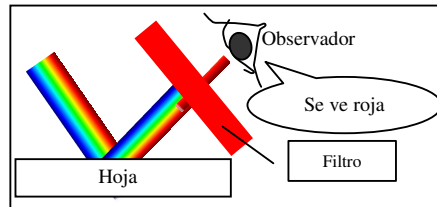


Figura XVII

¿Bajo las mismas condiciones de observación: todos los seres humanos verán al mismo objeto del mismo color?

Finalmente, aunque las condiciones en las cuales se observe un objeto sean las mismas puede ocurrir que dos observadores no perciben un mismo cuerpo del mismo color.

No es necesario poseer un problema en el sistema visual, para que estos observadores lo vean diferentes, ya que la percepción del color depende no sólo de la luz y las características del objeto sino también del propio sistema visual (ya que el color no deja de ser una sensación) No obstante, el caso en donde es mayor la diferencia en la percepción del color de un mismo cuerpo es si uno de los observadores es daltónico, lo que conlleva a presentar problemas en la percepción de los colores. Este problema se debe a la falta de uno o más de los tres tipos de conos que deben estar presentes en el sistema visual para lograr una correcta visión cromática. Así, por ejemplo, una persona daltónica no puede ver el número 8 que aparece en el dibujo de la figura XVIII

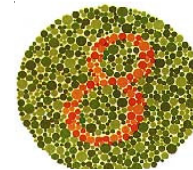
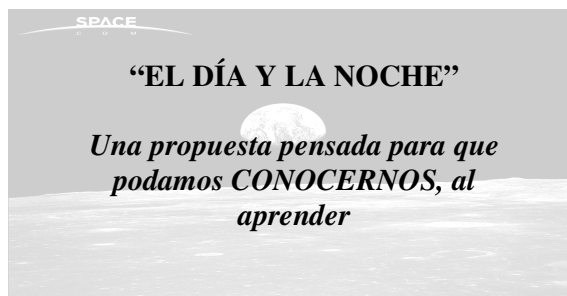


Figura XVIII

A modo de conclusión

Frecuente e intuitivamente se considera que el color de un objeto es algo propio del mismo, independientemente de la luz que lo ilumina y del sistema visual. Esta concepción est  relacionada con el hecho de que la mayoría de las veces en nuestra vida diaria, observamos los objetos iluminados con luz blanca y nuestro sistema visual no presenta problemas para poder percibirlos. Sumado a ello, “cambiamos el color de los objetos” pint ndolos, por lo que pareciera que es éste una propiedad de la materia, de las sustancias, de los pigmentos. No obstante, hemos visto que el color es mucho más que ellos. El color es una percepción visual que se produce cuando la luz reflejada por el objeto interacciona con el sistema visual del observador

A.11.- EL DÍA Y LA NOCHE: Acomodación Metodológica



Antes de comenzar nuestro estudio acerca de la visión y los colores, les propongo analizar juntos otra temática relacionada con las ciencias: “*La formación del día y la noche*”. El objetivo principal de esta etapa es que podamos *CONOCERNOS*... y con ello, conocer las formas de trabajo que ustedes y yo tenemos. Confío en que esto nos ayudará a todos a acordar algunas pautas al respecto que permita llevar a cabo con mayor éxito la enseñanza y el aprendizaje del tema central que nos ha “reunido”... “Cómo vemos y porqué vemos como vemos”

Les presento entonces a continuación las actividades que he diseñado para que realicemos juntos y al final, un pequeño apunte teórico que he preparado para ayudarlos a entender mejor todos los temas que estudiaremos.

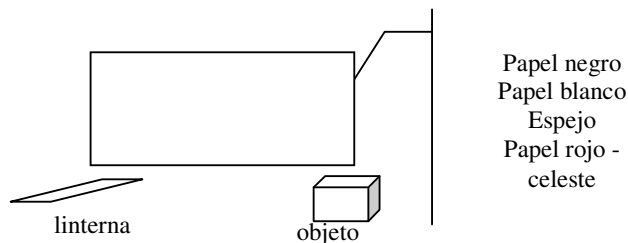
Ahora sí...¡¡¡ a trabajar!!!

ACTIVIDAD N°1: *Tus concepciones sobre el día y la noche*

- 1) ¿Podrías explicar el fenómeno del día y la noche? Realiza un dibujo que complemente tu explicación.
- 2) Imagina que estás en una nave espacial desde la que se puede ver toda la Tierra y el Sol mirando desde una ventanilla.
 - a) Dibuja la Tierra y el Sol tal como crees que los verías.
 - b) En un cierto lugar es de día y en otro de noche. Indica dichos lugares en tu dibujo.
 - c) Explica cómo se hace de noche en el sitio que es de día y de día en donde es de noche. Complementa tu explicación con un dibujo.
- 3) Haciendo uso de un linterna y una pelota de telgopor representa el fenómeno analizado.
- 4) Confronta tus ideas con las de tus compañeros, para intentar llegar a un consenso (esto es, redactar una respuesta que sea representativa del grupo). De no llegar a un consenso describan las discrepancias (esto es, aquellas ideas opiniones u explicaciones con las que no todos coincidan)

ACTIVIDAD N °2: *La luz interacciona con la materia*

- 1) Ilumina un folio de nylon, tu cartuchera, la carpeta, un trozo de espejo, una hoja: ¿Qué ocurre con la luz cuando iluminas estos objetos? Representa tu respuesta mediante un dibujo.
- 2)
 - a) Realiza la siguiente experiencia, que consiste en iluminar, alternadamente el papel negro, el blanco, el rojo, el celeste y el espejo. Observa al objeto en cada situación y registra las diferencias o similitudes observadas (respecto su iluminación “indirecta”)
 - b) Cita objetos que se halle a tu alrededor y que reflejen la luz. Justifica tu respuesta
 - c) Confronta tus respuestas con las de tus compañeros, intentando llegar a un consenso. De no llegar a uno describan las discrepancias.



ACTIVIDAD N° 4. Usando las nuevas ideas para elaborar explicaciones

Reúnete con tu grupo de compañeros para resolver las siguientes cuestiones problemáticas. Haz uso para ello de las ideas discutidas en clase.

1) La siguiente es una fotografía del “espacio exterior” ¿cómo es posible que si allí abundan las estrellas, “reine” la oscuridad?.



2) Ahora te presento una foto de la Luna. Para poder tomarla, luz proveniente de este planeta tuvo que incidir en la cámara fotográfica. ¿Cómo puede ser esto posible si la Luna no es una fuente de luz?



ACTIVIDAD N°5: Mis ideas, tus ideas, sus ideas...

Dos compañeros discuten acerca de la “naturaleza del día y de la noche”. Uno de ellos afirma que este fenómeno se produce debido a que en determinados momentos “vemos” el Sol y en otros no. Cuando el sol se encuentra por encima del horizonte es de día, y cuando no.... es de noche.

El otro niño, dice que esta no es una explicación... que según le enseñaron en las clases de ciencias, el día y la noche se interpreta en función del movimiento de la Tierra y la interacción entre la luz del Sol y nuestro planeta. Así se puede afirmar que el movimiento de rotación es la causa de la sucesión del día y la noche. En tanto, el hecho que la luz llegue a un lugar de la Tierra y a otros no (ya el planeta es un cuerpo opaco) permite explicar la naturaleza del día y la noche

- 1) qué opinás vos al respecto?
- 2) ¿crees que las dos ideas son válidas?¿Por qué?
- 3) Comparte tus respuestas con las de tus compañeros e intenten llegar a elaborar una que represente al grupo. De no llegar a un consenso, describan las discrepancias.

ACTIVIDAD N°6: . Una reflexión sobre lo aprendido

- 1) Relee las respuestas que diste en la **actividad N° 1**
- 2) A partir de todo lo analizado hasta el momento, decide si cambiarías alguna de ella.
- 3) En caso de decidir modificar o ampliar alguna, da tu nueva respuesta.
- 4) Comparando tus respuestas iniciales y finales...¿Qué podrías decir acerca del aprendizaje que haz experimentado?
- 5) Crees importante haber estudiado el tema “El día y la Noche”? Justifica tu respuesta.
- 6) Da tu opinión acerca de las actividades que realizaste mientras desarrollábamos estos temas. Destaca aquellos aspectos que te ayudaron más a aprender y aquellos que no lo hicieron tanto. No te olvides de aclarar por qué te parecieron así.
- 7) Da tu opinión acerca de la manera en que tu profesora llevó a adelante el desarrollo de los temas. Destaca aquellos aspectos que te ayudaron más a aprender y aquellos que no lo hicieron tanto. No te olvides de aclarar por qué te parecieron así.

ACTIVIDAD N°7: Evaluando lo aprendido

La siguiente fotografía fue tomada desde una nave espacial. A partir de su observación:

- 1.- Indica en qué lugares es de día y en qué lugares es de noche.
- 2.- Indica cuáles lugares estarán de noche una hora después.
- 3.- Dibujá cómo se vería desde una nave espacial el planeta Tierra y el Sol para que un astronauta pudiera haber tomado esta foto.
- 4.- Para que se pueda registrar la imagen presentada, debió llegar luz desde la Tierra hasta el satélite: ¿qué fenómeno/s se lleva/n a cabo como producto de la interacción de la luz del Sol con la Tierra?. Representa tu respuesta mediante un dibujo.